

Sistema de controle residencial utilizando o ESP-12F

EWERTON BRUNO LIMA ARAÚJO



CENTRO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

João Pessoa, 2017

EWERTON BRUNO LIMA ARAÚJO

Sistema de controle residencial utilizando o ESP-12F

Monografia apresentada ao curso Engenharia de Computação do Centro de Informática, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Ruy Alberto Pisani Altafim

Dezembro de 2017

Ficha Catalográfica elaborada por
Rogério Ferreira Marques CRB15/690

A658s

Araújo, Ewerton Bruno Lima.

Sistema de controle residencial utilizando o ESP-12F / Ewerton
Bruno Lima Araújo. – João Pessoa, 2017.
59p. : il.

Monografia (Bacharelado em Engenharia de Computação) –
Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

Orientador: Profº. Drº. Ruy Alberto Pisani Altafim.

1. Sistemas operacionais específicos. 2. Automação residencial. 3.
ESP12F. 4. Placa de circuito impresso. I. Título.

UFPB/BSCI

CDU: 004.451.9 (043.2)



CENTRO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Computação intitulado **Sistema de controle residencial utilizando o ESP-12F** de autoria de Ewerton Bruno Lima Araújo, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Ruy Alberto Pisani Altafim
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Mardson Freitas de Amorim
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Eudisley Gomes dos Anjos
Universidade Federal da Paraíba

Coordenador(a) do Curso
Ruy Alberto Pisani Altafim

CI/UFPB

João Pessoa, 01 de Dezembro de 2017

Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba
Rua dos Escoteiros, Mangabeira VII, João Pessoa, Paraíba, Brasil CEP: 58058-600
Fone: +55 (83) 3216 7093 / Fax: +55 (83) 3216 7117

*“Posso todas as coisas Naquele
que me fortalece.” Fp 4:13*

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente ao meu Deus, que sempre tem me ajudado, aos meus familiares que me apoiaram e continuam me apoiando em toda a minha caminhada de estudos, não me deixando faltar nada, me incentivando em todos os momentos, e aos meus amigos que sempre estão presentes me apoiando em tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por essa realização em minha vida, por me sustentar, e não me deixar desanimar nos momentos mais difíceis de minha vida.

Aos meus pais, Luíz Araújo e Maria Aparecida por todo o apoio, compreensão, amor, carinho e educação que me deram.

Ao meu irmão Jefferson Lima, foi através dele que eu despertei o interesse e admiração por computação, tecnologia e engenharia. Agradeço a minha irmã Thatiana Lima, que sempre me incentiva e me apoia, me dando forças e palavras de incentivos, me encorajando em tudo.

Agradeço aos meus amigos do Laboratório de Medidas e Instrumentação: Jefferson, Leandro, Kened, Marília, Natália, Renno, Smith, Jordy, Luiz, Lucas, Raul, Janisley, Caio e Wilter que estiveram a maior parte do tempo comigo, me proporcionando bons momentos de felicidades, em especial a Emanuella M. Barbosa, que me apoiou em todo o tempo durante a elaboração deste trabalho.

Um agradecimento especial aos professores Dr. Ruy Alberto e Dr. Mardson Freitas, pelos ensinamentos compartilhados comigo durante a graduação, pelo acolhimento no laboratório, pelos incentivos e pelas publicações obtidas. vocês são importantes para mim.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos que contribuíram de forma indireta para essa conquista.

RESUMO

Com a chegada da internet das coisas, vários sistemas vêm sendo desenvolvidos com o intuito de melhorar a qualidade de vida das pessoas. No entanto, sistemas voltados para a população idosa e para pessoas com algum tipo de deficiência são poucos desenvolvidos. O objetivo desse trabalho é desenvolver um sistema de controle residencial utilizando o microcontrolador ESP-12F, com o intuito de facilitar a vida das pessoas, promovendo acessibilidade, comodidade, conforto e segurança. Para implementar e validar esse sistema, 3 placas foram desenvolvidas através do software KiCad. A placa central, responsável por receber comandos do usuário e controlar até 4 dispositivos elétricos, um módulo de iluminação integrando os interruptores presentes nas residências dos usuários, e um módulo para controle de portão eletrônico, que recebe comandos para acionamento do portão. Esses módulos são gerenciados e controlados pelo usuário através de um aplicativo desenvolvido na plataforma Android e configurados por uma página Web. Todas as placas foram confeccionadas utilizando o método por luz UV, que demonstrou ser bem eficiente e de alta precisão, possibilitando a criação de trilhas que possuem largura de até 300µm. Essa precisão permite a passagem de trilhas entre terminais de dispositivos SMDs, reduzindo o tamanho das placas e consequentemente o custo de produção.

Palavras-chave: Automação residencial, ESP12F, Luz UV, Placa de circuito impresso.

ABSTRACT

Through the arrival of the internet of things, several systems have been developed with the goal of improving the life quality of people, however, systems aiming elderly populations and people with some type of disability are scarces. The objective of this work is to develop a residential control system using the ESP-12F microcontroller to facilitate people's lives, promoting accessibility, comfort and security. To implement and validate this system, 3 electronic boards were developed using KiCad software. A central board, responsible for receiving user commands and control up to 4 electrical devices, a lighting module integrating the electrical switches (present at the users houses), and a module to control gates, which receives commands to close or open gate. These modules are managed and controlled by users through an application developed for Android platform and configured by a Web site. The circuit board were made using the UV light method, which proved to be very efficient and highly precise, allowing the creation of tracks which have a width of up to 300 μ m. Thus reducing the electronic dimensions to use SMD devices, reducing the size of the boards and consequently the cost of production.

Key-words: Home automation, ESP12F, UV light, Printed circuit board.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Possíveis sistemas de automação numa residência.	18
Figura 2: Esquema elétrico do protocolo I ² C.	20
Figura 3: Operação de escrita no protocolo I ² C.....	20
Figura 4: Operação de leitura no protocolo I ² C.....	20
Figura 5: Variações do ESP8266.....	23
Figura 6: ESP-12F.	24
Figura 7: Montagem do circuito recomendada no livro [1] para a gravação do ESP-12F.	26
Figura 8: IDE do Arduino.....	27
Figura 9: Instalação da placa do ESP8266 na IDE do Arduino.....	28
Figura 10: iLinq Relay V2 X.....	30
Figura 11: Arquitetura geral do sistema.	31
Figura 12: Circuito para impressão em transparência A4.	36
Figura 13: Aplicação da tinta fotosensível sobre a placa, antes e após a centrífuga.	36
Figura 14: Exposição da placa à luz UV.	37
Figura 15: Durante e após o processo de revelação do circuito.	37
Figura 16: Processo de corrosão no perclorato de ferro.	38
Figura 17: Configuração baseada no R-2R.....	38
Figura 18: Placas confeccionadas utilizando o método UV (vista superior).....	40
Figura 19: Placas confeccionadas utilizando o método UV (vista inferior).....	40
Figura 20: Tela de configuração para conexão do módulo com a rede Wifi do usuário.....	41
Figura 21: Página principal da placa central.	42
Figura 22: Tela principal e tela de configuração dos IPs dos módulos.	43
Figura 23: Tela da placa central e tela do módulo do portão eletrônico.	43
Figura 24: Tela do módulo de iluminação.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formato do pacote do protocolo L3.	21
Tabela 2: Definição e tamanho dos campos do pacote.....	22
Tabela 3: Especificações do ESP8266.....	23
Tabela 4: Descrição dos pinos do ESP8266.	24
Tabela 5: Calibração dos interruptores com a leitura ADC do ESP12F.	39
Tabela 6: Lista de comandos disponíveis por voz.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

ACK – *Acknowledge*
ADC – *Analog Digital Converter*
API – *Application Programming Interface*
APPs – *Aplicativos*
DAC – *Digital Analog Converter*
DDNS – *Dynamic Domain Name System*
EEPROM – *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*
FTDI – *Future Technology Devices International*
GND – *Ground*
GPIO – *General Purpose Input Output*
HD – *Hard Disk*
IBGE – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*
IDE – *Integrated Development Environment*
IEEE – *Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos*
I²C – *Inter-Integrated Circuit*
LCD – *Liquid Crystal Display*
LED – *Light Emitter Diode*
MISO – *Master Input Slave Output*
MOSI – *Master Output Slave Input*
MSB – *Most Significant Bit*
OTA – *Over The Air*
PC – *Personal Computer*
PCI – *Placa de Circuito Impresso*
RF – *Radio Frequency*
RST – *Reset*
RX – *Receive Serial*
R/W – *Read/Write*
SCL – *Barramento de Clock do I²C*
SCLK – *Clock*
SDA – *Barramento de Dados do I²C*
SPI – *Serial Programming Interface*
SMD – *Surface Mount Device*
TX – *Transmitter Serial*
UART – *Universal asynchronous receiver-transmitter*
URL – *Uniform Resource Locator*
UV – *Ultravioleta*
UVA – *Ultravioleta A*
Wi-Fi – *Wireless Fidelity*
WLAN – *Wireless Local Area Network*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. TEMA	15
1.2. PROBLEMA	15
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA OU TG	17
2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	18
2.2. COMUNICAÇÃO	19
2.2.1. I ² C	19
2.2.2. WI-FI	21
2.2.3. PROTOCOLO L3.....	21
2.3. ESP8266.....	22
2.3.1. ESP-12F.....	23
2.4. AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO DO ESP8266.....	27
2.4.1. GRAVAÇÃO POR OTA (OVER THE AIR)	28
2.5. SISTEMAS SEMELHANTES	29
3. METODOLOGIA	31
3.1. PLACA CENTRAL.....	32
3.2. MÓDULOS DO SISTEMA	32
3.2.1. MÓDULO PARA CONTROLE DE ILUMINAÇÃO.....	32
3.2.2. MÓDULO PARA CONTROLE DE PORTÃO ELETRÔNICO	33
3.3. APLICATIVO ANDROID	33
3.4. PÁGINA WEB	33
3.5. MÉTODOS DE CONFEÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO ..	34
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35

4.1.	CONFEÇÃO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO.....	35
4.2.	PÁGINA WEB E APLICATIVO ANDROID.....	41
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	46
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICE A – ESQUEMÁTICO DAS PLACAS DESENVOLVIDAS	50
	APÊNDICE B – ROTEAMENTO DAS PLACAS DESENVOLVIDAS.....	53
	APÊNDICE C – MODELO 3D DAS PLACAS DESENVOLVIDAS.....	55
	ANEXO A – TABELAS DO PROTOCOLO L3	57

1. INTRODUÇÃO

1.1. Tema

A automação residencial é uma área em constante crescimento nos últimos anos. O aperfeiçoamento tecnológico tem avançado de maneira significativa, contribuindo para obtenção de dispositivos consideravelmente menores, de baixo custo e altamente promissores. Com essas características, o desenvolvimento de circuitos eletrônicos de baixo custo teve um grande progresso, tornando esses sistemas mais acessíveis do que antes, onde eram utilizados apenas por pessoas com um maior poder aquisitivo.

Com a tecnologia Wi-Fi e o grande progresso na melhoria do processamento de Smartphones tornou-se real o gerenciamento de praticamente toda a residência de qualquer lugar do mundo, através de um único dispositivo eletrônico, fornecendo conforto, entretenimento, acessibilidade, praticidade, segurança e economia. Neste contexto, os principais sistemas de automação em evidências são os de segurança, iluminação, sonorização, climatização e irrigação.

1.2. Problema

O aumento da violência nas cidades e o aumento do custo de vida contribuem para que a automação se torne cada vez mais uma necessidade vital e um fator econômico para a população mundial. Outro fator que merece atenção, é a acessibilidade para deficientes físicos no dia-a-dia. O último censo divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, apontou que 45,6 milhões de brasileiros declararam ter ao menos um tipo de deficiência. Esse número corresponde a 23,9% da população total do Brasil. De todas as deficiências, a motora atinge cerca de 13,2 milhões de pessoas, que equivale a 7% dos brasileiros [10].

“Uma das formas mais severa de limitação e dependência se dá quando o morador é tetraplégico, [...] e portanto fica totalmente dependente de outras pessoas para a realização de tarefas físicas simples como acender ou apagar luzes.” [7].

Muitas das dificuldades que essas pessoas enfrentam estão dentro de sua própria casa ou no trabalho, onde faltam adaptações que promovam acessibilidade [14]. Sistemas de automação voltados a facilitar a vida dessas pessoas ainda são escassos e caros, evidenciando a necessidade e importância no desenvolvimento de soluções viáveis nessa área [14].

1.2.1. Objetivo Geral

Projetar e desenvolver um sistema de automação residencial utilizando o microcontrolador ESP-12F para controle e monitoramento de dispositivos eletroeletrônicos por meio de um aplicativo Android e página WEB.

1.2.2. Objetivos específicos

Com o sistema de controle residencial, pretende-se:

- Projetar e desenvolver um circuito para a placa central, permitindo a conexão via I²C e Wi-Fi, responsável por controlar até 4 dispositivos eletroeletrônicos na residência, permitindo expansão através de módulos.
- Implementar o software do microcontrolador ESP-12F de cada módulo em linguagem C++ para controlar os dispositivos inseridos ao sistema, realizando a comunicação através do protocolo L3.
- Projetar e desenvolver módulo de controle de iluminação e controle de portão eletrônico para integração com o sistema.
- Criar aplicativo Android para controlar todos os eletroeletrônicos automatizados da residência através do Smartphone utilizando tecnologia Wi-Fi. O aplicativo deve aceitar controle por comando de voz, promovendo acessibilidade.
- Criar página WEB para configuração dos dispositivos através da internet.
- Confeccionar placas de circuito impresso para os sistemas projetados.

1.3. Estrutura da monografia ou TG

Na seção 2 serão explanados conceitos gerais como, automação residencial, os tipos de comunicação entre dispositivos: P2P, Wi-Fi e Protocolo L3. Em seguida sobre o microcontrolador ESP8266 e seus variantes, como o ESP-12F. O ambiente de programação do ESP8266, gravação por OTA e alguns sistemas semelhantes também serão exibidos na seção 2. Na seção 3, a metodologia utilizada neste trabalho será apresentada, começando da arquitetura geral do sistema, placa central, módulos para controle de iluminação, controle de portão eletrônico, aplicativo Android e página Web. Sequencialmente o método de confecção de placas de circuito impresso será detalhado, demonstrando cada passo do método por luz UV. Na seção 4 serão apresentados os resultados alcançados com este trabalho. Por fim, a seção 5 exibe as considerações finais e propostas para trabalhos futuros.

2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Automação Residencial

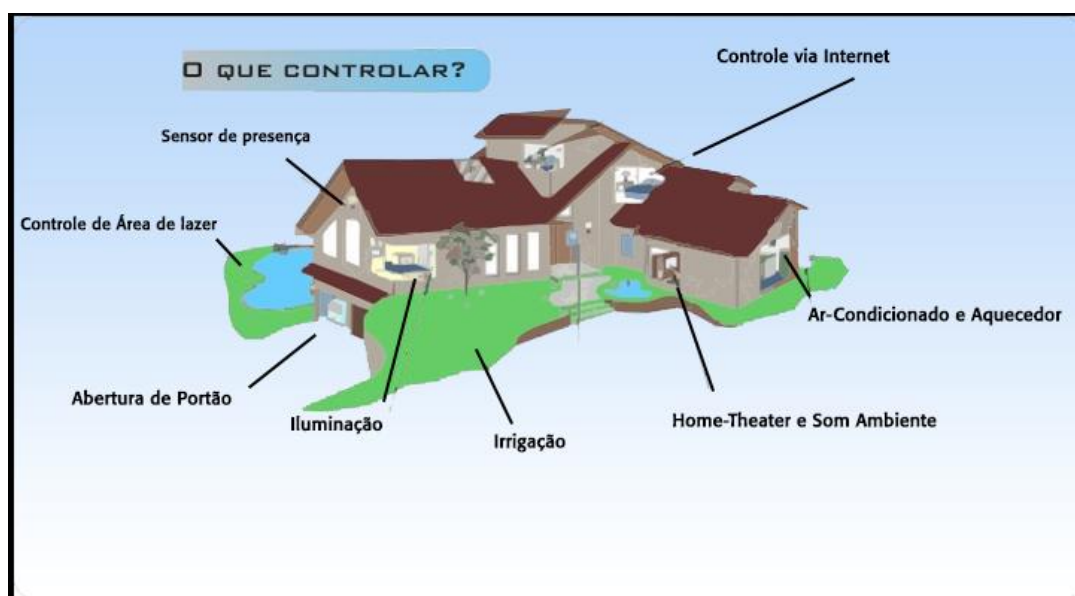
O conceito de automação residencial existe há décadas, e um dos motivos de seu surgimento é a necessidade de melhorias de interação do morador com a sua residência [7]. Os primeiros sistemas tinham como objetivo, controlar a casa de maneira remota, através de comandos enviados pela rede de telefonia e podiam apresentar falhas [7].

O avanço tecnológico e os aprimoramentos ao longo das décadas vêm tornando a automação residencial cada vez mais fundamental nas edificações atuais [7]. A comprovação desse fato é a grande variedade de sistemas que os projetos atuais englobam, como: segurança, iluminação, sonorização, climatização e irrigação [7].

O controle eficiente desses sistemas é complexo, e quanto maior o nível de integração entre esses sistemas, maiores os benefícios oferecidos e percebidos pelos moradores [7].

A Figura 1 mostra exemplos do que controlar em um ambiente residencial.

Figura 1: Possíveis sistemas de automação numa residência.



Fonte: Adaptado de <http://www.gdsautomacao.com.br/automacao.html>.

Atualmente a automação se divide basicamente em três níveis de sistemas [7]:

- **Sistemas autônomos:** Os sistemas são automatizados, porém sem comunicação uns com os outros.
- **Sistemas integrados:** Os sistemas automatizados são integrados e se comunicam entre si.
- **Sistemas complexos:** Os sistemas integrados ganham um certo grau de “inteligência”.

2.2. Comunicação

Algumas das maneiras para estabelecimento de uma comunicação entre dispositivos eletrônicos é a utilização de protocolos, como o I²C, Wi-Fi e o L3.

2.2.1. I²C

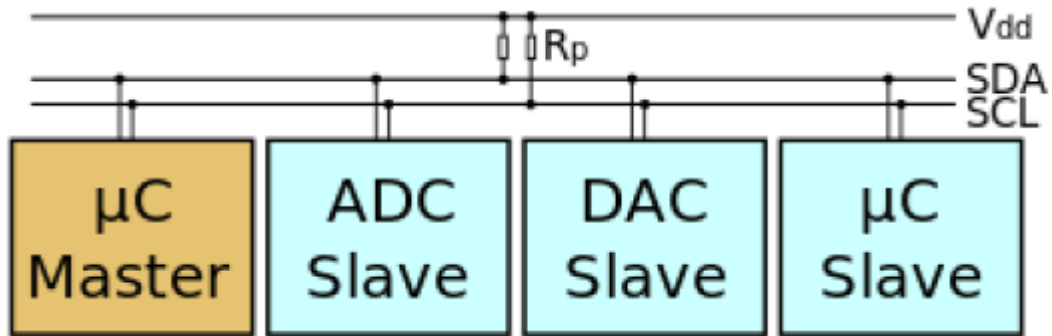
O I²C é um protocolo que utiliza 4 fios (incluindo terminais de alimentação) para comunicação serial síncrona entre dispositivos, inventado pela Philips (atual NXP), é muito usado para conectar diversos dispositivos de maneira simples e eficiente [11].

2.2.1.1. Hardware

O barramento I²C é composto por 4 fios, SDA (Dados), SCL (Clock), alimentação (VDD), tipicamente de 3.3V ou 5V e o terra. Os fios de comunicação possuem resistores em pull-up. Os dispositivos conectados ao barramento são do tipo *master* (quem controla os demais dispositivos) e *Slave* (Periféricos) [11].

O número de dispositivos “Slave” em um único barramento é limitado tanto pelo tamanho do endereço, que pode ser de 7, 10 e até 16 bits; como por restrição de espaço, já que não se pode usar longos fios, pois a capacitância total máxima, algo em torno de 400pf, impede o funcionamento correto do barramento [11]. A Figura 2 mostra um exemplo de uso do protocolo I²C, com 1 Mestre (Master) e 3 escravos (Slave) [11].

Figura 2: Esquema elétrico do protocolo I²C.

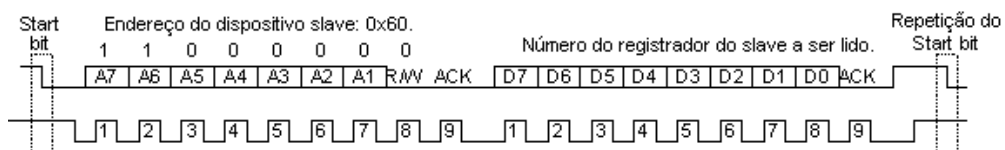


Fonte: Barramento e Protocolo I2C [11].

2.2.1.2. Software

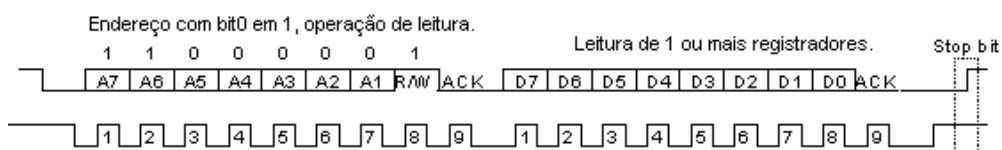
O barramento é mantido naturalmente com SDA e SCL em 1. Para iniciar uma transação (Start bit), o master mantém SDA em 0, enquanto SCL é 1. Sequencialmente, o endereço do slave (7 bits) no qual o master quer se comunicar é transmitido (MSB primeiro), seguido de um bit de R/W (Read/Write) que indica se a operação é de leitura ou escrita. O slave que reconhecer seu endereço envia um bit de ACK (acknowledge), fazendo SDA = 0 no nono pulso de clock, como mostra a Figura 3. Caso a operação for de escrita, o master começa o envio dos dados e a cada 8 bits (1 byte), o slave deve emitir um bit de ACK. A transação finaliza quando o master sobe SDA enquanto SCL está alto (Stop bit), conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 3: Operação de escrita no protocolo I²C.



Fonte: Adaptado de Barramento e Protocolo I2C [11].

Figura 4: Operação de leitura no protocolo I²C.



Fonte: Adaptado de Barramento e Protocolo I2C [11].

2.2.1.3. Desempenho

O protocolo I²C junto com a versão 4.0, atualizado em 2012, pode chegar a 5MHz, mas outras velocidades podem ser escolhidas para SCL. Em PC's, as placas-mãe geralmente utilizam velocidades baixas como 10KHz e 100KHz, já em microcontroladores e sistemas embarcados, periféricos como memórias EEPROM e visores de LCD utilizam um clock em seus extremos [11].

2.2.2. Wi-Fi

“O padrão Wi-Fi foi estabelecido pela Wi-Fi Alliance e segue a norma IEEE 802.11. Esta norma especifica as camadas física e de enlace para a implementação de uma rede local sem fio (WLAN) nas frequências de banda 2.4GHz, 5GHz e 60GHz”[4].

Vários sistemas utilizam esse padrão para comunicar seus dispositivos, pela facilidade de inserção de outros dispositivos na rede, e pela comunicação ser realizada sem o uso de fios, evitando a passagem de cabeamento.

2.2.3. Protocolo L3

O L3 é um protocolo de comunicação de dados desenvolvido por [9] para telemetria. Como todo tipo de protocolo, ele é composto por um conjunto de especificações objetivas para o controle da comunicação entre dispositivos. O protocolo é implementado por software e é responsável por encapsular a informação a ser transmitida em um conjunto de 12 bytes, subdivididos em 7 campos, cada campo possui uma quantidade de bytes pré-determinada, para controle da comunicação. A tabela 1 mostra a organização do pacote do protocolo L3.

Tabela 1: Formato do pacote do protocolo L3.

SOH	IDS	IDD	COD	DATA/PADDING	PAD	CRC-8
------------	------------	------------	------------	---------------------	------------	--------------

Fonte: Protocolo L3 [9].

A descrição dos 7 campos do pacote do protocolo L3 são exibidas na tabela 2.

Tabela 2: Definição e tamanho dos campos do pacote.

Campo	Núm. de bytes	Descrição
SOH	1	Início de pacote.
IDS	1	Identificador de origem
IDD	1	Identificador de destino
COD	1	Código da instrução
DATA/PADDING	6	Informação / Enchimento.
PAD	1	Enchimento ou identificador de fragmentação.
CRC-8	1	Código de checagem de redundância cíclica

Fonte: Protocolo L3 [9].

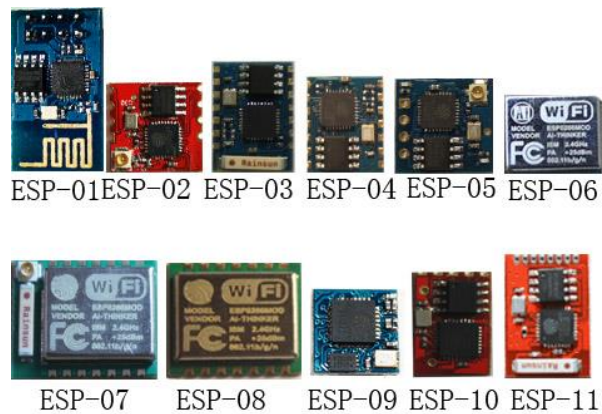
O campo **COD** é preenchido de acordo com uma tabela de instruções e tabela de código de erros que acompanham o protocolo. Essas duas tabelas se encontram no anexo A. Serão implementadas 4 instruções do protocolo L3 nesse trabalho, a LDD, ENQ, ACK e NACK. A instrução LDD fornecerá em D1 o número do dispositivo, e em D2 a opção de ligar ($D2 \neq 0$) ou desligar ($D2 = 0$). Se a instrução tiver correta, a resposta será um ACK, retornando o estado dos relés em D1.

2.3. ESP8266

O ESP8266 é um microcontrolador desenvolvido pela Espressif Systems, que está no mercado desde 2014. Apesar de recente, vem tomando destaque com os desenvolvedores e entusiastas devido ao seu pequeno tamanho, por contar com um sistema de comunicação Wi-Fi, padrão amplamente utilizado atualmente, e também pelo seu baixo custo, em torno de R\$ 15,00 (2017).

O livro do ESP8266 [1] é a principal fonte de consulta das especificações do módulo, diferentes formas de programação, integração com Web apps, bibliotecas, API, etc. O ESP8266 possui variações antes do ESP-12F, como por exemplo o ESP-01, ESP-02, ESP-03 e outros, como mostra a Figura 5. Todos esses modelos utilizam o mesmo chip, o ESP8266EX, diferenciando apenas no número de portas disponíveis no módulo, no consumo de energia e se a antena é interna ou externa, como apontado por [1] e [3].

Figura 5: Variações do ESP8266.



Fonte: <http://www.esp8266.com/viewtopic.php?p=22387>.

A tabela abaixo exibe as especificações do ESP8266 fornecidas pelo livro [1]:

Tabela 3: Especificações do ESP8266.

Tensão	3.3V.
Consumo de corrente	10uA – 170mA.
Memória Flash	16MB max (512K normal).
Processador	Tensilica L106 32 bits.
Velocidade do Processador	80-160MHz.
RAM	32K + 80K.
GPIOs	17 (multiplexada com outras funções).
Conversor A/D	1 entrada com 1024 passos de resolução.
Suporte 802.11	b/g/n/d/e/i/k/r.
Máximo de conexões TCP concorrente	5.

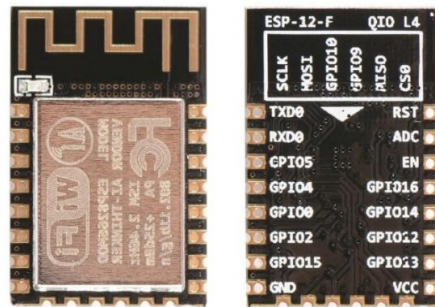
Fonte: Livro do ESP8266 [1].

2.3.1. ESP-12F

O ESP-12F é o modelo que será utilizado neste trabalho por disponibilizar em seu módulo um conjunto de 14 GPIOs (General Purpose Input Output), que são portas

de propósito geral (Entrada ou Saída), incluindo os pinos MISO (Master Input Slave Output), MOSI (Master Output Slave Input) e SCLK (Clock), utilizados para comunicação via protocolo SPI (Serial Programming Interface), e por ser o módulo mais recente (2017). A Figura 6 mostra o módulo frente e verso.

Figura 6: ESP-12F.



Fonte: <http://i.ebayimg.com/images/g/i6YAAOSwDiBZEMEb/s-l1600.jpg>

A descrição dos pinos fornecida pelo livro [1] se encontra na tabela 4, mostrando suas especificações e uma breve descrição das funções. Os pinos de GPIO são os que podem ser utilizados como Entrada ou Saída de sinal. Os pinos no canto inferior do ESP-12F são utilizados para comunicação pelo protocolo SPI. No entanto, a comunicação disponibilizada na placa central será a do protocolo I²C, também suportada pelo microcontrolador ESP-12F e bastante utilizada em outros dispositivos elétricos.

Tabela 4: Descrição dos pinos do ESP8266.

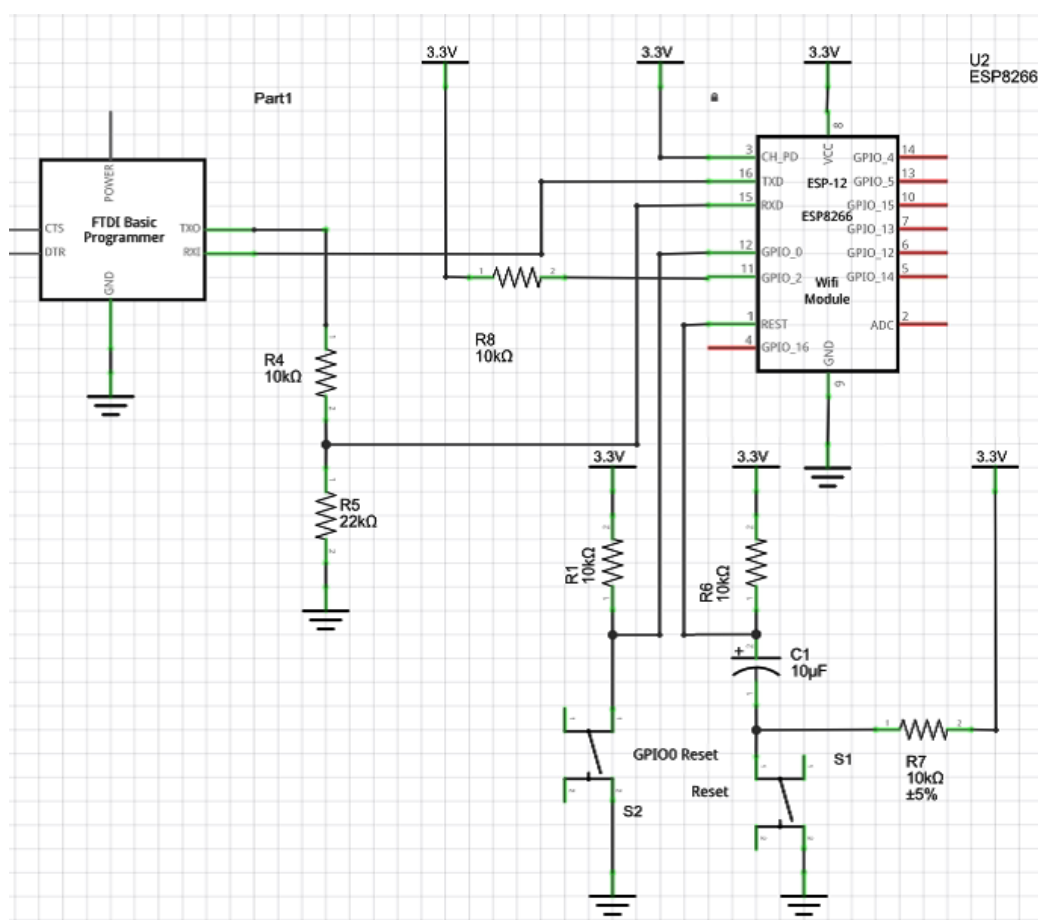
Nome	Descrição
VCC	3.3V
GPIO13	Também usado para SPI MOSI.
GPIO12	Também usado para SPI MISO.
GPIO14	Também usado para SPI Clock.
GPIO16	Entrada/Saída.
CH_PD	Chip Enable. Deve ser HIGH para

	operação normal: <ul style="list-style-type: none"> • 0 – Desativado • 1 – Ativado
ADC	Entrada Analógico/Digital.
RST	Reset externo. <ul style="list-style-type: none"> • 0 – Reset • 1 – Normal
TXD	UART 0 Transmissão.
RXD	UART 0 Recepção.
GPIO4	GPIO regular.
GPIO5	GPIO regular.
GPIO0	Deve ser HIGH no boot, LOW para atualizar a flash.
GPIO2	Deve ser HIGH no boot.
GPIO15	Deve ser LOW no boot e flash.
GND	Terra.

Fonte: Livro do ESP8266 [1].

O módulo possui um LED SMD no canto superior, que pisca quando há tráfego na UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). O livro [1] recomenda a montagem do circuito como mostra o esquemático na Figura 7. No entanto, a remoção do resistor R7 e do capacitor C1 no projeto pode não gerar muito efeito, caso a alimentação do circuito seja de boa qualidade, evitando quedas de tensão no reset. Para redução do número de componentes no circuito, esses componentes não serão inseridos na placa central, módulo de iluminação e nem no módulo de portão eletrônico.

Figura 7: Montagem do circuito recomendada no livro [1] para a gravação do ESP-12F.



Fonte: Adaptado do Livro do ESP8266 [1].

2.3.1.1. Gravação do ESP-12F

No esquemático exibido na Figura 7, o FTDI (Future Technology Devices International) pode ser substituído pela placa Arduino, retirando o microcontrolador ATMEGA328 do socket da placa, utilizando apenas a interface da placa Arduino. As ligações elétricas são as mesmas, tendo cuidado apenas com o nível lógico, necessitando de um divisor de tensão no TX do arduino, para converter os 5V do sinal gerado no TX do Arduino em 3.3V suportado pelo microcontrolador ESP8266.

Os dois botões presentes no circuito tem por objetivo colocar o ESP8266 em modo de gravação. Para isso, basta segurar o botão do GPIO0 (S2), apertar o botão de Reset (S1) e, em seguida, soltar os botões para o microcontrolador entrar em modo de gravação, permitindo assim o upload de códigos gerados pela IDE do Arduino, que será detalhada na seção seguinte.

2.4. Ambiente de Programação do ESP8266

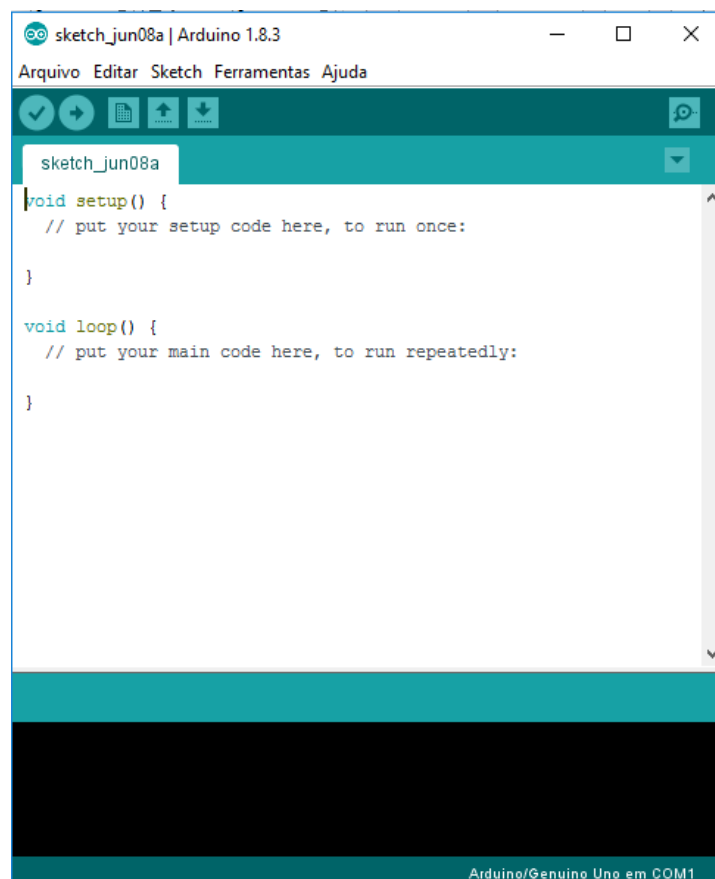
O ESP-12F pode ser programado em linguagem LUA, e também através da IDE do Arduino, em linguagem C/C++ [1]. Foi escolhido a IDE do Arduino para o desenvolvimento deste trabalho por possuir ampla documentação, e ser gratuita.

2.4.1. IDE do Arduino

“A IDE do Arduino é um software de código aberto que facilita a criação de códigos para gravação em diversas placas. Pode ser executado em ambiente Windows, Mac OS X e Linux.” [8].

A Figura 8 abaixo mostra a interface da IDE, versão 1.8.3.

Figura 8: IDE do Arduino.



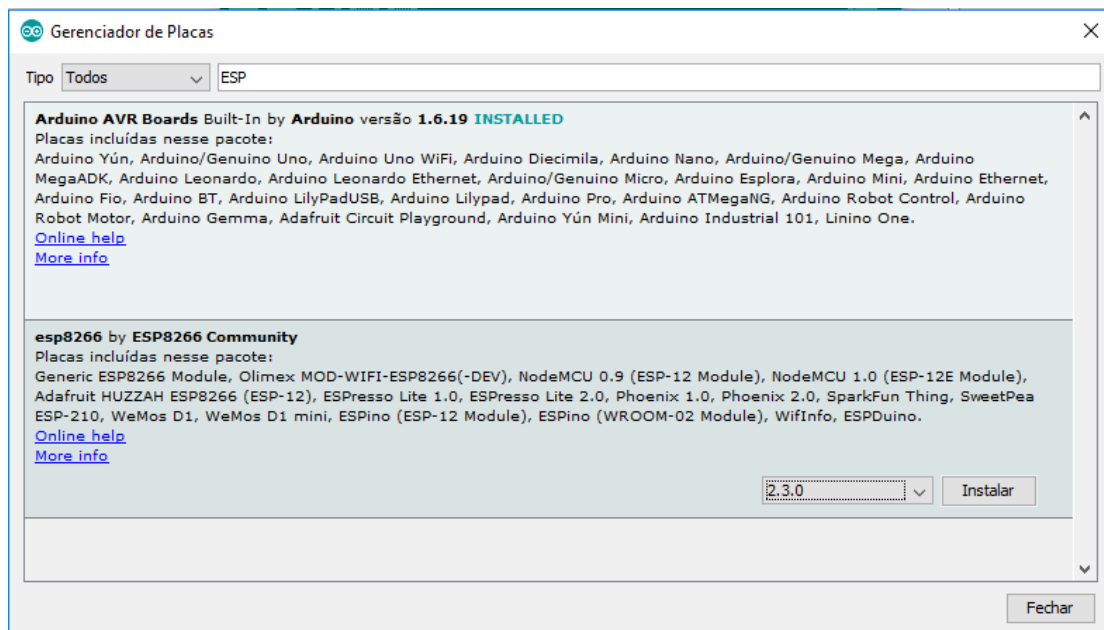
Fonte: Autoria Própria.

Para tornar possível a programação do ESP8266, é necessário fazer a instalação adicional de placas, que é feito seguindo os seguintes passos:

- Acesse o Menu Arquivo → Preferências, e preencher o campo “URLs Adicionais para Gerenciadores de Placa:” com o endereço: **http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json**
- Em seguida acesse o menu Ferramentas → Placa → Gerenciador de Placas. E pesquise por ESP, então a instalação é realizada ao clicar em Instalar no item **esp8266 by ESP8266 Community**, a mais nova versão é a 2.3.0.

A tela de instalação da placa ESP8266 é exibida na Figura 9.

Figura 9: Instalação da placa do ESP8266 na IDE do Arduino.



Fonte: Autoria Própria.

Após a instalação da placa, é necessário selecionar a placa ESP8266 no menu Ferramentas → Placa → Generic ESP8266 Module. Com isso, a IDE está pronta para iniciar a escrita e gravação de códigos em C/C++ para o ESP8266 e suas variações.

2.4.1. Gravação por OTA (Over the Air)

Após a primeira gravação do ESP12F utilizando o método serial, é possível configurá-lo para receber atualizações via Wi-Fi, para isso, é necessário ter instalado na máquina o Python 2.7.x, e adicionar o python no PATH do sistema. É necessário também configurar o Flash Size, na aba Ferramentas da IDE do Arduino para 4M (1M

SPIFFS), ao escolher a placa Generic ESP8266 Module. Então, adaptando o exemplo básico (BasicOTA) fornecido pelo Arduino para gravação OTA, é possível gravar o ESP12F via Wi-Fi. Um tutorial mais detalhado é exibido em [12].

2.5. Sistemas semelhantes

O surgimento do ESP8266 trouxe uma série de aplicações em diversas áreas, tais como: segurança, iluminação, sonorização, climatização e irrigação [2, 3 e 5]. No entanto, a integração dessas aplicações se torna difícil, pelo fato de que cada desenvolvedor utiliza seu próprio protocolo de comunicação, limitando o usuário a utilizar apenas seus módulos.

Em 2015, [2] propôs um sistema de automação residencial usando Arduino UNO e módulo wifi ESP-01, com o objetivo de controlar dispositivos elétricos acionando relés que podem ser controlados através de um computador host central, ou pelo acesso remoto de um dispositivo mobile. O intuito também é a detecção de vazamento acidental de gases, e sensor de nível de água, notificando o usuário por uma mensagem SMS. O uso do ESP-01 limita a quantidade de dispositivos a controlar no sistema, tendo a necessidade do uso do Arduino UNO, tornando o sistema com uma maior quantidade de componentes, aumentando o custo. Para acesso pela internet, o usuário deve configurar o roteador, liberando as portas de acesso ao ESP.

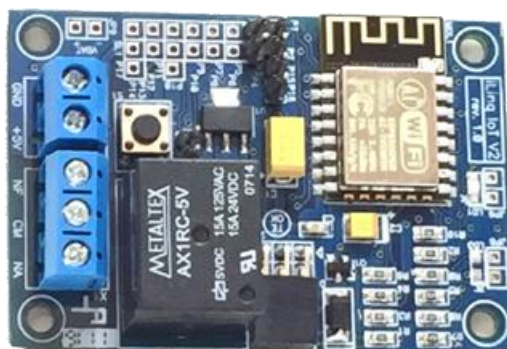
Em 2017 [3] desenvolveu um sistema de controle de iluminação utilizando o NodeMCU, que contém o ESP-12 em seu módulo. O sistema permite que o usuário controle um conjunto de lâmpadas através de uma página web, utilizando um módulo relé em ligação threeway com interruptores da casa, no entanto, o estado da lâmpada não é conhecido, visto que o sistema não tem a resposta de quando o interruptor é acionado. Como o servidor é o ESP-12, o usuário deve configurar o roteador para liberar portas para acesso externo, caso tenha interesse de acessar pela internet, tornando a instalação do sistema mais complicada para usuários leigos.

Em 2014, [4] apresenta um sistema de automação residencial utilizando o padrão ZigBee junto com o Wi-Fi, o sistema é composto por alguns sensores, como: movimento, luminosidade, temperatura, e gás. É controlado por um dispositivo Android por meio de um aplicativo que se comunica com o sistema localmente, porém

os dados dos sensores possuem conectividade com a nuvem, utilizando uma plataforma online chamada Carriots, que oferece recursos para envio de e-mails e/ou SMS para o usuário se alguma condição for atingida. Apesar de ser intitulado um sistema de baixo custo, o Xbee é bem mais caro do que o ESP-12F, o sistema conta também com um Arduino MEGA e um módulo Adafruit CC3000 Wifi Shield tornando o sistema 20 vezes mais caro em relação ao sistema utilizado neste trabalho com o ESP-12F, que já possui as funcionalidades básicas desses 3 módulos (conexão sem fio, Wi-Fi e microcontrolador).

A iLoc [5] é uma empresa brasileira de sistemas de automação e segurança que fornece soluções inteligentes para automação. Uma dessas soluções é o iLinq Relay V2 X (Ver Figura 10), que é de fácil instalação, não requer o uso de DDNS e encaminhamento de portas, possui função para agendamentos de horários para ligar/desligar o dispositivo conectado ao módulo e possui tamanho reduzido, que garante a flexibilidade na instalação. O ponto negativo é que não há a integração com o interruptor manual, e o preço ainda não é tão acessível, um módulo desse custa atualmente em torno de R\$ 150,00 (2017).

Figura 10: iLinq Relay V2 X.



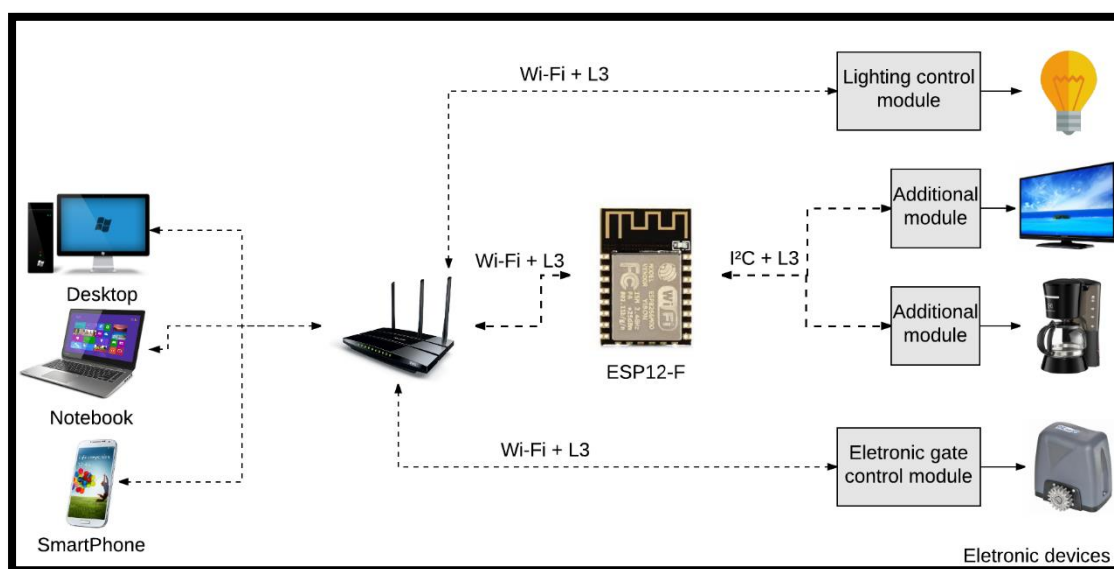
Fonte: <http://www.ilocshop.com.br/automacao/central-de-automacao-iling-relay-v2-x>.

O Sistema MyWay destaca-se por ser uma solução sem fios, modular, de fácil instalação e programação. Com ele, as luzes e os aparelhos de ar-condicionado podem ser programados para ligar e desligar nos horários corretos, evitando desperdício de energia e trazendo simplicidade à operação. Os sistemas de áudio e vídeo do home theater também podem ser ajustados facilmente, através de interface para celular ou tablet. [6].

3. METODOLOGIA

Para compor o sistema de controle residencial utilizando o ESP-12F, a primeira parte a ser feita é o projeto e implementação do hardware da placa central, que é responsável por controlar até 4 dispositivos elétricos. Conterá também com conexão por barramento I²C para módulos interligados por fios e por conexão Wi-Fi, para permitir o controle via smartphone através da rede local. Os módulos conectados por fios possuem a vantagem de não precisar de um módulo Wi-Fi para sua comunicação, diminuindo os custos de produção. Em seguida, será desenvolvida a parte de software, utilizando linguagem C++ na IDE do Arduino. O software é o firmware do microcontrolador ESP-12F, onde será incluso o protocolo L3 para a comunicação com o aplicativo Android a ser desenvolvido. Para a validação do sistema, serão desenvolvidos módulos de controle de iluminação, e controle de portão eletrônico que receberão os comandos enviados pelos usuários. Também serão desenvolvidos aplicativo Android e página WEB, que se comunicarão com as placas do sistema residencial para realizar o controle de todos os dispositivos conectados aos módulos. Todos os módulos projetados serão confeccionados em placas de circuito impresso para diminuir problemas de mau contato e interferências eletromagnéticas. A arquitetura geral do sistema é exibida na Figura 11, onde mostra como será realizada a comunicação entre a central, os módulos e os dispositivos controlados pelo usuário.

Figura 11: Arquitetura geral do sistema.



Fonte: Autoria Própria.

3.1. Placa central

A placa central contará com os principais componentes:

- ESP-12F.
- 4 Relés para acionamento dos dispositivos.
- Conector para o barramento I²C.
- Conector Tx/Rx para programação do ESP-12F.
- Conector de alimentação da placa central.
- Conectores para inserir interruptores mecânicos.

Uma configuração baseada na R-2R será projetada e implementada na placa central para a leitura dos interruptores através da porta ADC do ESP12F, reduzindo a quantidade de portas utilizadas no microcontrolador [13]. Essa configuração permite ler teclas pressionadas simultaneamente apenas com o valor da leitura A/D. Essa configuração é muito utilizada em conversores DAC (Digital para analógico) e seu nome tem sua origem pela montagem de resistores [13].

3.2. Módulos do sistema

No intuito de validar o sistema de controle residencial utilizando o ESP-12F, 2 módulos serão implementados para comunicação com o sistema: o primeiro para controle de iluminação que será integrado com o interruptor, deixando opção para o usuário acionar a lâmpada tanto com smartphone ou manualmente. O segundo será um módulo para controle de portão eletrônico através do smartphone, que receberá o sinal enviado pelo usuário e enviará o comando para o portão eletrônico.

3.2.1. Módulo para controle de iluminação

O módulo para controle de iluminação deve ser pequeno o suficiente para ser modular, cabendo nas dimensões da caixa do interruptor da lâmpada que é de aproximadamente 10x7x5cm para as caixas padrão. O tamanho reduzido do módulo permitirá a fácil instalação na residência e o interruptor da lâmpada será integrado ao sistema, para permitir que o usuário acione a lâmpada da forma como desejar, seja pelo

smartphone ou pelo próprio interruptor.

3.2.2. Módulo para controle de portão eletrônico

O módulo para controle de portão eletrônico será necessário porque os portões eletrônicos atualmente não possuem mecanismos para acionamentos através de um smartphone. Para isso será integrado um dispositivo para enviar sinais de 433.92MHz (Frequência padrão de diversos controladores) para o portão eletrônico, que pode ser o próprio controle que vem acompanhado do motor, ou um transmissor RF de 433.92MHz que possua codificação reconhecida pelo controlador do portão. Então ao receber o comando pelo usuário, esse controle será acionado, enviando o sinal para o motor do portão e efetuando o controle do mesmo.

3.3. Aplicativo Android

O aplicativo Android será desenvolvido com o Android Studio, e deverá conter as seguintes funcionalidades:

- Acionamento de dispositivos através de botões.
- Acionamento de dispositivos por comandos de voz, promovendo acessibilidade à aplicação.
- Mostrar feedback do acionamento, caso ocorra pelo interruptor da lâmpada.
- Controle da aplicação por comandos de voz.

3.4. Página WEB

A página WEB deve conter as seguintes funcionalidades:

- Botão para configurar a rede WiFi que os módulos se conectarão.
- Botão de Informações do módulo.
- Botão de Reset do módulo.

3.5. Métodos de confecção de placas de circuito impresso

Existem diversos métodos para confecção de Placas de Circuito Impresso (PCI) em baixa escala de produção, tais como: transferência térmica, luz ultravioleta (UV), Fresa CNC, etc. Cada método possui vantagens e desvantagens. Por exemplo, o tempo de confecção de uma placa utilizando o método de transferência térmica é menor que o tempo de confecção pelo o método por luz UV, porém, a precisão e a qualidade das trilhas é bem menor. Uma vantagem do método por luz ultravioleta é a possibilidade de adicionar a máscara de solda e as legendas na placa após o processo de corrosão, o que não é viável no método por transferência térmica. Para uma melhor qualidade, maior precisão nas trilhas, e para utilização de máscara de solda e legendas nas placas, foi escolhido neste trabalho o método por luz UV.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Utilizando o software KiCad 4.0.7, foi realizado o projeto das placas do sistema de controle. O esquemático, roteamento e o modelo 3D das placas desenvolvidas estão no Apêndice A, B e C.

4.1. Confecção das placas de circuito impresso

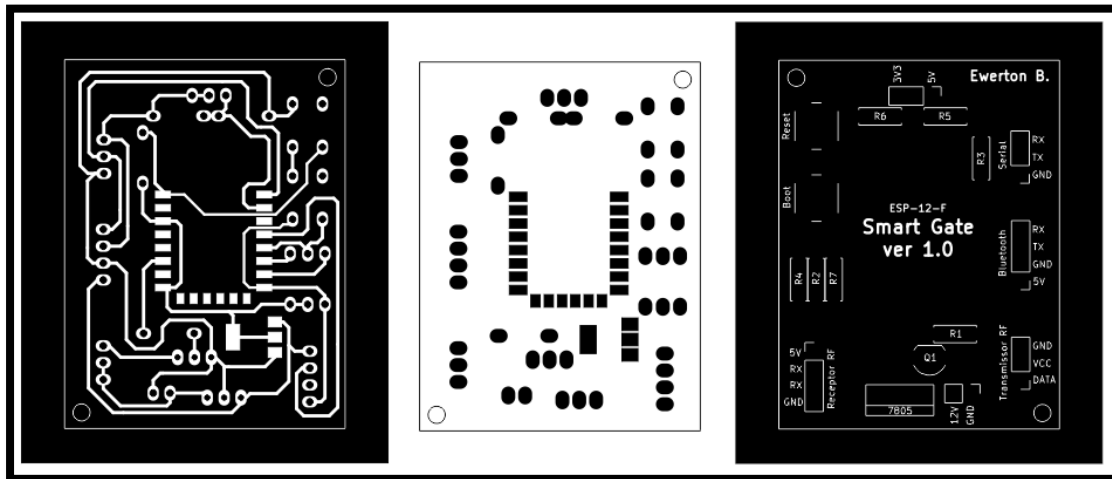
O método por luz UV possui alguns passos para a confecção da PCI, a principal dificuldade para usar este método neste trabalho foi acertar o tempo de secagem da tinta após aplicação na placa, o tempo de exposição à luz UV e o tempo de permanência da placa na barrilha. A lista dos principais materiais utilizados para a confecção das PCIs estão listadas abaixo:

- Carbonato de Sódio (barrilha leve).
- Hidróxido de Sódio (soda cáustica).
- Tinta azul, verde e branca fotosensível.
- Catalisador para tinta fotosensível verde e branca.
- Transparências A4 e luz negra de 26W.

Acessórios como, vidro de 20cm² para pressionar a transparência sobre a placa no momento da exposição à luz UV, estufa para a secagem da tinta após a aplicação na placa, motor para centrifugar a tinta, deixando-a mais uniforme, Tinner para limpeza das mãos e amolecimento da tinta, e pincéis para aplicação da tinta sobre a placa também foram utilizados durante o processo.

Antes de começar o processo de confecção da placa, o circuito foi impresso em transparência A4, para permitir a passagem da luz UV nos locais desejados, fixando a tinta fotosensível exposta à luz. O circuito e a máscara de solda, exibidos à esquerda e no centro da Figura 12, respectivamente, devem ser espelhados e gerados em negativo. A legenda da placa, à direita da Figura 12 também foi impressa para a aplicação na parte superior da placa, facilitando a leitura da função de cada conector.

Figura 12: Circuito para impressão em transparência A4.

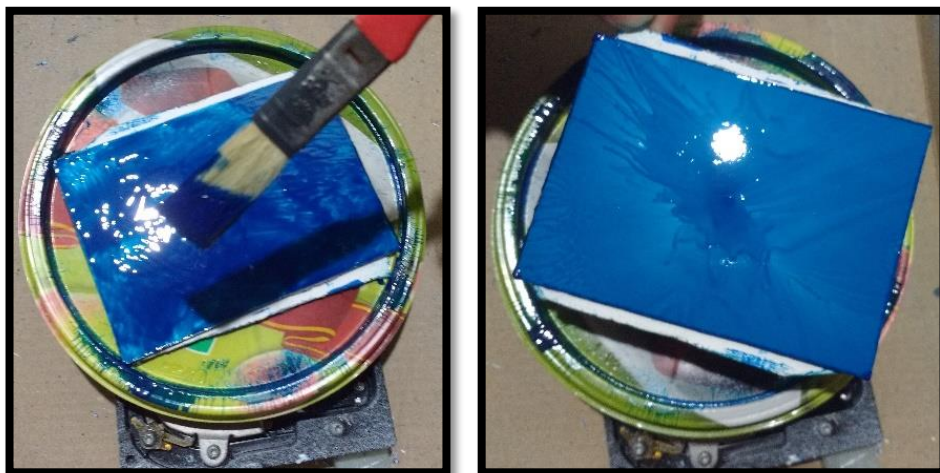


Fonte: Autoria Própria.

O primeiro passo para a confecção foi aplicar a tinta fotosensível azul (ver Figura 13, à esquerda) sobre a placa de cobre devidamente limpa e sem oxidação. Em seguida a placa foi colocada em uma centrífuga durante 10 segundos para uniformizar a tinta aplicada, a placa após a etapa de centrifugação é exibida à direita da Figura 13.

Sequencialmente, a placa centrifugada vai para a secagem durante 15 minutos no interior de uma estufa a uma temperatura em torno de 60°C.

Figura 13: Aplicação da tinta fotosensível sobre a placa, antes e após a centrifuga.



Fonte: Autoria Própria.

Logo em seguida, a placa foi retirada da estufa e após o resfriamento, a transparência com a parte do circuito (Esquerda da Figura 12) foi colocada sobre a placa, e o vidro em torno de 20cm² foi colocado sobre a transparência para pressioná-

la sobre a placa que, em seguida, foi exposta à luz UV durante 5 minutos com a finalidade de fixar a tinta nos locais que há a passagem de luz na transparência impressa, como mostra a Figura 14 abaixo.

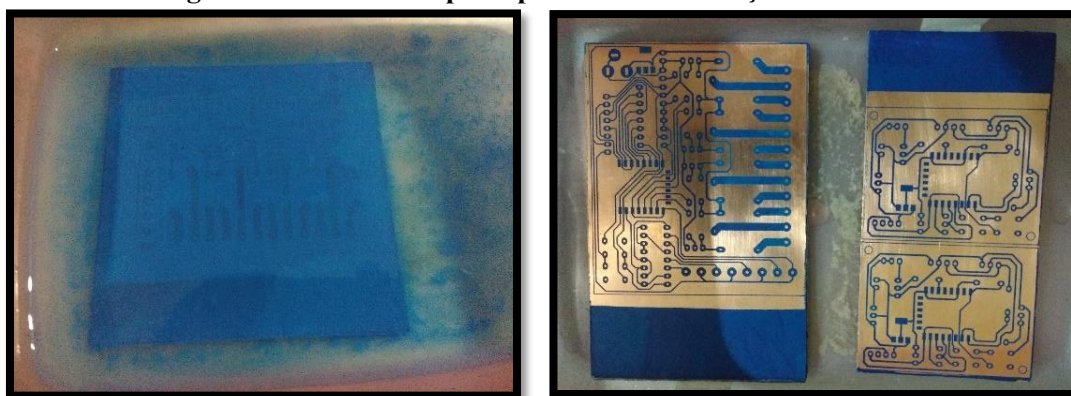
Figura 14: Exposição da placa à luz UV.



Fonte: Autoria Própria.

A luz UV foi inserida no interior de uma caixa forrada com papel alumínio para otimizar a reflexão da luz, a caixa foi fechada durante a exposição, embora a luz negra não prejudique a visão, pois a UVA emitida é próxima ao espectro visível [15 e 16].

Figura 15: Durante e após o processo de revelação do circuito.



Fonte: Autoria Própria.

Após a etapa de exposição a luz UV, a placa foi mergulhada numa solução com 200ml de água e 40g de Barrilha durante 5 minutos para revelação do circuito. O excesso da tinta fotosensível que não faz parte do circuito foi removido da placa através de um pincel. A Figura 15 mostra a placa durante e após o processo de revelação do

circuito. A tinta exposta à luz ultravioleta permanece na placa, protegendo o cobre na etapa de corrosão, para formação das trilhas do circuito. Após essas etapas, a placa foi mergulhada numa solução de perclorato de ferro, para corroer a parte de cobre onde a tinta não se fixou (ver Figura 16).

Figura 16: Processo de corrosão no perclorato de ferro.

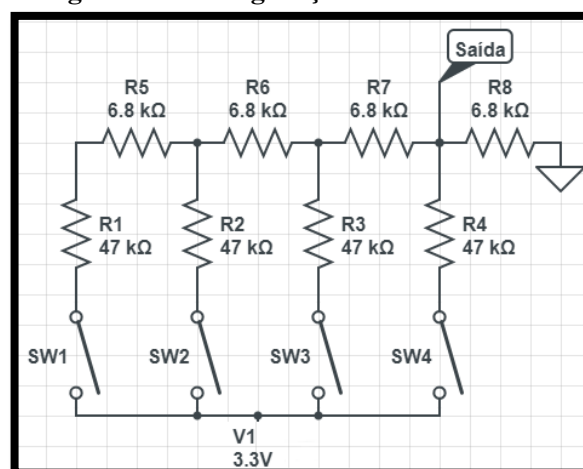


Fonte: Autoria Própria.

Em seguida, a placa foi imersa numa solução de soda cáustica para a remoção da tinta fotosensível, preparando-a para a repetição de todo o processo para aplicação da máscara de solda e das legendas. A única diferença no processo foi nos tempos de secagem (45min), exposição à luz UV (11min) e barrilha (10min).

Uma configuração baseada no R-2R (conforme Figura 17) foi implementada na placa central.

Figura 17: Configuração baseada no R-2R.



Fonte: Autoria Própria.

Essa configuração permitiu obter valores entre 0 e 1V na saída, tornando o nível de tensão compatível com o ADC do ESP12F. Através da leitura de tensão efetuada pelo microcontrolador é possível identificar quais os botões que estão sendo pressionados. A Tabela 5 mostra as 16 possibilidades, baseada no chaveamento dos interruptores (SW1 à SW4). O campo Decimal equivale à conversão do número binário obtido pela associação dos interruptores, e a saída equivale ao valor lido pela porta analógica do ESP12F, que suporta a leitura de valores de tensão entre 0 a 1V, que são escalados em valores de 0 a 1024 pelo microcontrolador.

Tabela 5: Calibração dos interruptores com a leitura ADC do ESP12F.

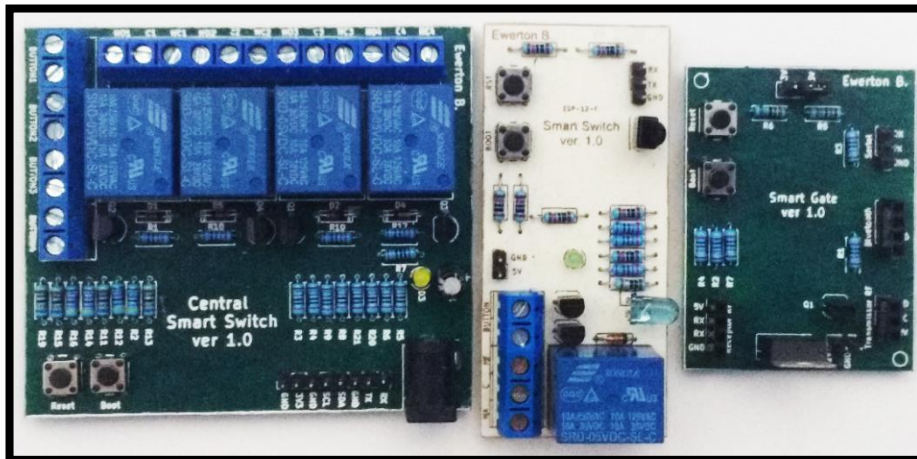
Decimal	SW1	SW2	SW3	SW4	Saída
0	0	0	0	0	4
1	0	0	0	1	406
2	0	0	1	0	360
3	0	0	1	1	680
4	0	1	0	0	322
5	0	1	0	1	651
6	0	1	1	0	559
7	0	1	1	1	836
8	1	0	0	0	295
9	1	0	0	1	627
10	1	0	1	0	542
11	1	0	1	1	822
12	1	1	0	0	477
13	1	1	0	1	770
14	1	1	1	0	665
15	1	1	1	1	920

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 5, percebe-se que a menor diferença entre os valores é o valor decimal 7 e o 11, possuindo leituras AD de 836 e 822, respectivamente. No entanto, 14 equivale a $14/1024$ mV, resultando em torno de 13.7mV, esse valor limita o ripple que deve se ter na alimentação para que ocorra a leitura corretamente. Como os testes realizados ocorreram sem problemas, infere-se que o regulador AMS1117 utilizado foi

suficiente. A diferença de 14 unidades não é problema para o ESP12F, pois ele possui precisão de 1mV na medição. A utilização dessa configuração permitiu economizar o número de portas utilizadas no microcontrolador, reduzindo eventuais custos com microcontroladores com maior quantidade de portas disponíveis.

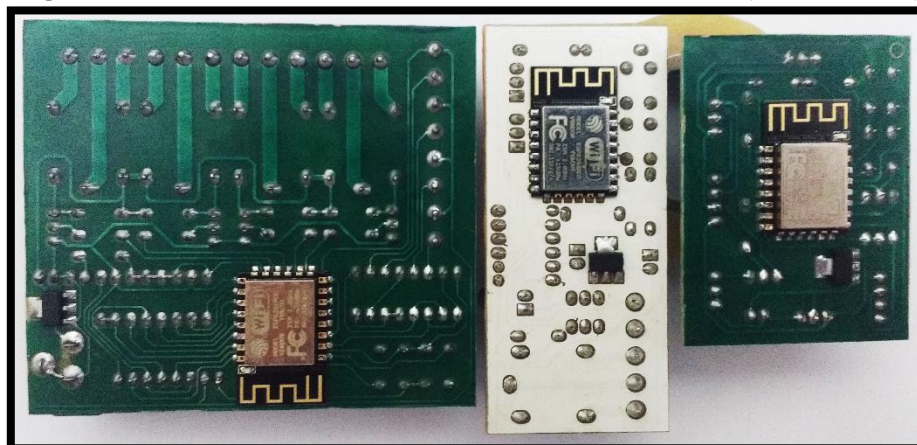
Figura 18: Placas confeccionadas utilizando o método UV (vista superior).



Fonte: Autoria Própria.

Através do método de luz UV mencionado na metodologia, a placa central, os módulos de iluminação e do portão eletrônico foram confeccionados. A Figura 18 mostra as 3 placas implementadas. A placa central se encontra à esquerda, o módulo de iluminação no meio e o módulo de portão eletrônico à direita. Por ser SMD, o regulador de tensão AMS1117 3.3V e o microcontrolador ESP12F foram inseridos na parte de trás da placa, como mostra a Figura 19.

Figura 19: Placas confeccionadas utilizando o método UV (vista inferior).



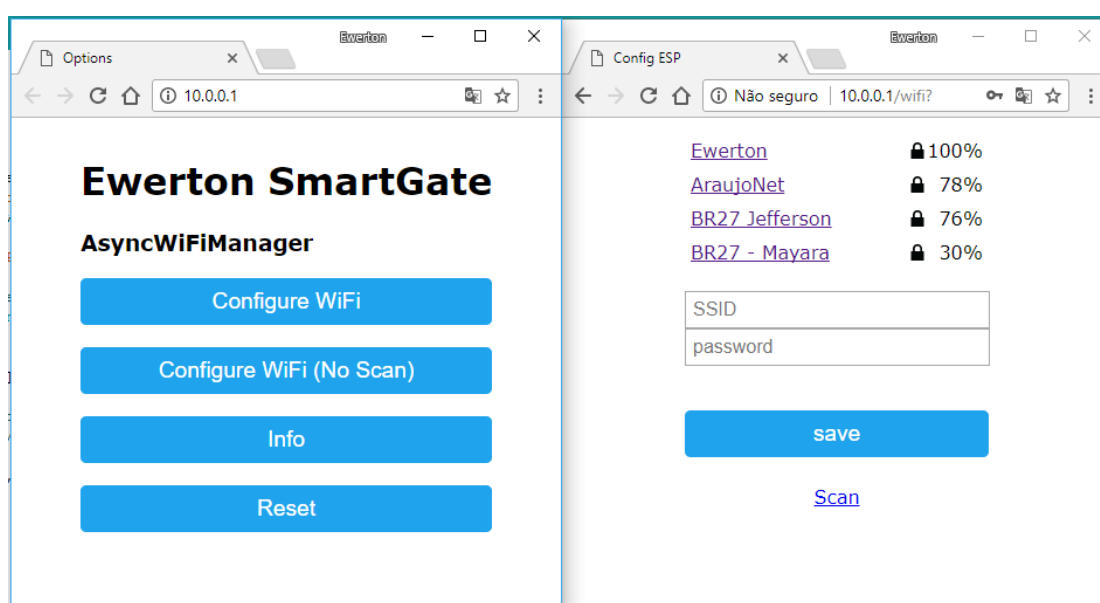
Fonte: Autoria Própria.

As legendas na placa e a máscara de solda contribuem bastante no momento da montagem e soldagem dos componentes na placa. A tinta também protege o cobre contra oxidação.

Com esse método, foi possível criar trilhas de até 300µm de largura. Todos os testes de continuidade foram realizados nas trilhas das placas antes da etapa de soldagem, para verificar se não havia rompimento de trilhas, porém todas as verificações obtiveram sucesso, certificando a eficácia e precisão do método.

4.2. Página Web e Aplicativo Android

Figura 20: Tela de configuração para conexão do módulo com a rede Wifi do usuário.



Fonte: Autoria Própria.

Para primeira configuração dos dispositivos desenvolvidos, uma rede WiFi com o nome do módulo fica disponível ao usuário. Ao se conectar nessa rede, é permitido inserir as informações da rede WiFi que o módulo se conectará automaticamente ao ser iniciado. Para isso o usuário deve acessar o endereço 10.0.0.1 em qualquer navegador, após a página Web ser carregada, basta clicar em “*Configure WiFi*” (ver Figura 20 à esquerda), em seguida uma lista de redes disponíveis será exibida (ver Figura 20 à direita). Quando o usuário clica na rede, o campo SSID é preenchido automaticamente,

então, ao inserir a senha e clicar em “Save”, o módulo é reiniciado. Caso as informações estejam corretas, ele se conectará à rede configurada.

Após configurado, sempre que o módulo for reiniciado ele tentará se conectar à rede previamente inserida. Se ele não conseguir se conectar, ele entrará em modo ponto de acesso, deixando a rede WiFi disponível com o nome do módulo para nova configuração. Esse procedimento torna fácil a reconfiguração do módulo, caso ocorra um problema com o roteador antigo. Com o dispositivo conectado à rede configurada, basta acessar sua página principal para obter o endereço IP para posterior configuração no aplicativo Android. A página principal de cada módulo é exibida a seguir.

- Placa central: <http://centralSmart.local/>
- Módulo de iluminação: <http://smartSwitch.local/>
- Módulo de portão eletrônico: <http://smartGate.local/>

A Figura 21 mostra o exemplo da página principal da placa central, exibindo o endereço IP que foi fornecido à placa pelo roteador.

Figura 21: Página principal da placa central.



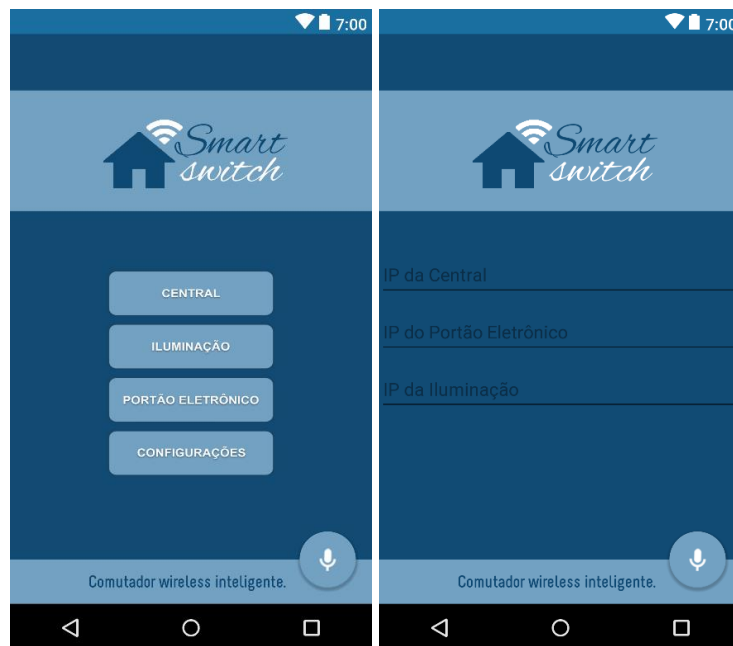
Fonte: Autoria Própria.

O acesso à página principal através da URL só é possível se o aplicativo “Bonjour”, desenvolvido pela Apple estiver instalado na máquina [17]. Ele é o responsável por fazer a tradução da URL para o IP do módulo. Por esse motivo, é necessário obter o endereço IP para configuração do aplicativo Android.

A Figura 22 mostra a tela principal do aplicativo desenvolvido. À direita é exibida a tela de configuração dos endereços IPs dos módulos. Acessando-se a página

principal de cada um, via navegador, o usuário preenche as informações na tela de configuração para o funcionamento correto do controle dos dispositivos.

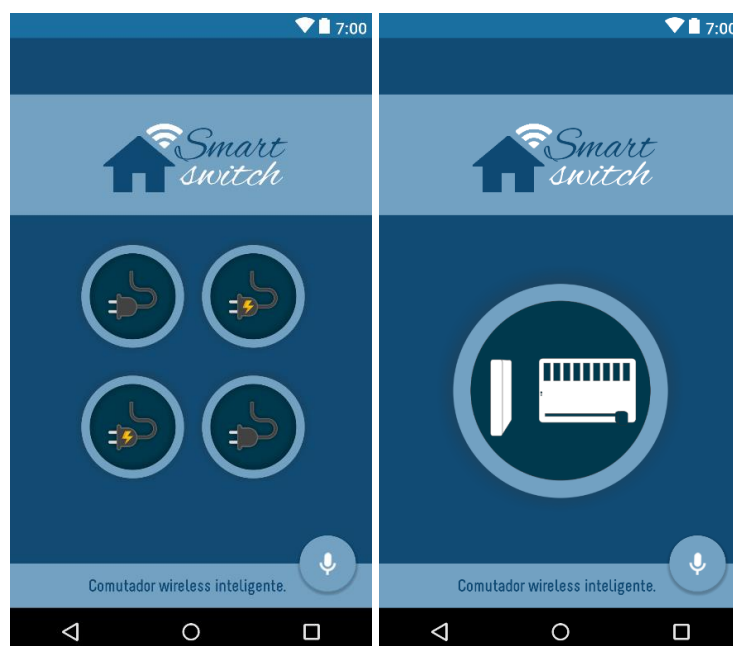
Figura 22: Tela principal e tela de configuração dos IPs dos módulos.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 23 mostra a tela para controle dos dispositivos conectados à placa central e ao módulo do portão eletrônico.

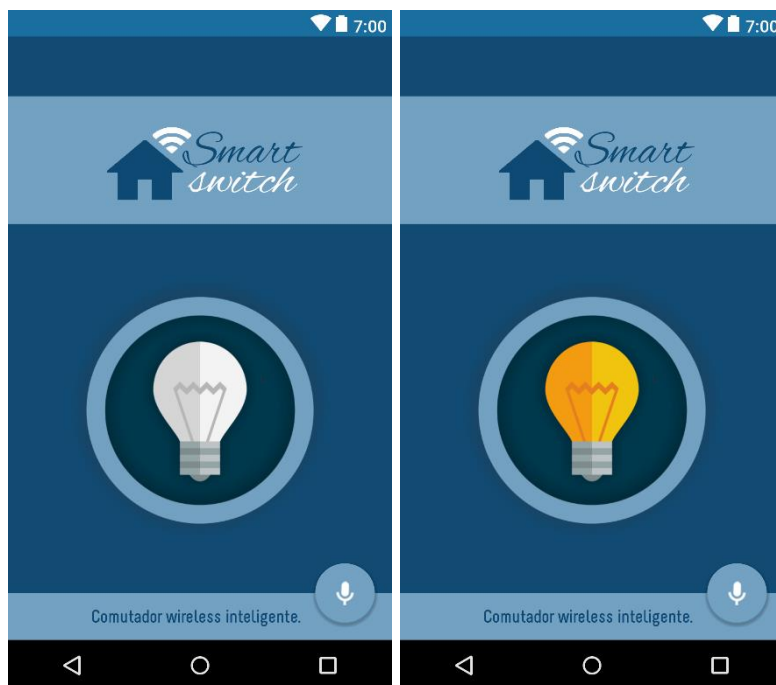
Figura 23: Tela da placa central e tela do módulo do portão eletrônico.



Fonte: Autoria Própria.

Para o controle do módulo de iluminação, a tela da Figura 24 foi implementada.

Figura 24: Tela do módulo de iluminação.



Fonte: Autoria Própria.

Em todas as telas é possível acionar os dispositivos através de comandos por voz, promovendo acessibilidade. Em versões futuras, pretende-se implementar essa opção de maneira com que o usuário escolha o comando desejado. No aplicativo atual, os comandos foram configurados de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Lista de comandos disponíveis por voz.

Tela	Comandos disponíveis	Parâmetros
Principal	“Abrir <tela>” ou “<tela>”.	Onde <tela> pode ser: central, iluminação, portão eletrônico, configurações
Central	“Ligar/Desligar dispositivo <x>”	Onde <x> pode ser: 1,2,3,4.
Iluminação	“Ligar/Desligar lâmpada”	
Portão	“Acionar Portão”	

Fonte: Autoria Própria.

A tela da central e da iluminação são integradas com os interruptores externos, uma vez que o interruptor seja acionado manualmente, o estado do dispositivo é

atualizado no aplicativo, mostrando no smartphone se o dispositivo está ligado ou desligado. Essa integração demonstra ser um diferencial do sistema de controle residencial em relação aos sistemas desenvolvidos atualmente. Muitos sistemas fazem a ligação do interruptor em threeway com o relé, perdendo a informação do estado do dispositivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

No presente trabalho foi apresentado um sistema para automação residencial baseado no microcontrolador ESP12F. O sistema implementado teve como objetivo atender a demanda de controle residencial para pessoas com necessidades especiais. Para isso foi desenvolvido junto com o sistema, um recurso de controle por voz, facilitando o uso do sistema, tornando-o mais acessível. Os módulos propostos foram projetados e implementados com sucesso, efetuando a integração com os interruptores externos. O circuito baseado na técnica R-2R utilizado na placa central também foi bastante eficiente, economizando portas de entrada no microcontrolador ESP12F. Os conectores para o protocolo I²C e para transmissão serial (Tx/Rx) da placa central abrem possibilidades para placas de expansão de relés, para acionamento de mais dispositivos sem um microcontrolador com Wi-Fi, reduzindo os custos de implementação. A funcionalidade de gravação via Wi-Fi torna fácil a atualização do firmware das placas, sem a necessidade de removê-la do local instalado.

Uma das dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do sistema, foi durante a confecção das placas de circuito impresso. Observou-se que quando a temperatura na estufa era muito alta, a tinta fotosensível não fixava na placa na etapa da solução de Barrilha, soltando toda a tinta, sendo necessário realizar todo o processo novamente. A qualidade da impressão na transparência também foi outro fator crítico, caso estivesse muito clara, toda a tinta ficava fixada na placa, pois a luz UV não era bloqueada corretamente. Porém, após contornar essas dificuldades, o método mostrou-se ser bem eficiente e preciso, alcançando resultados com trilhas de até 300 μ m. Outra dificuldade foi na implementação do firmware do ESP12F, ocorrendo falhas em tempo de execução, ocasionando a reinicialização do microcontrolador, isso acontecia quando a função de resposta de requisições da web demorava muito a retornar um resultado e quando a fonte de alimentação da placa era instável, porém esses problemas foram resolvidos, resetando-se o contador do módulo WDT (watchdog) do microcontrolador quando a rotina era muito longa, e utilizando fontes mais estáveis.

Para trabalhos futuros, uma tela de agendamentos de acionamentos para os dispositivos pode ser implementada no aplicativo, podendo automatizar horários de funcionamento dos dispositivos. Uma tela para cadastramento de comandos por voz

também pode ser implementada, deixando o aplicativo bem flexível para os usuários realizarem a configuração da maneira desejada.

Por fim, o sistema tem bastante potencial para crescimento. Com o uso do protocolo de comunicação L3, outros desenvolvedores podem projetar e implementar módulos para inserção ao sistema de controle de maneira simples, fácil e objetiva.

REFERÊNCIAS

- [1] Kolban, Neil. **Kolban's Book on ESP8266**. 2016. Disponível em:<https://leanpub.com/ESP8266_ESP32>. Acesso em: 8 de Jun de 2017.
- [2] Baig, Ilyas; Muzamil, Chiktay; Dalvi, Salahuddin. **Home automation using arduino wifi module ESP8266**. 2015. Projeto de Graduação – Dept. of Computer Engineering , Anjuman-i-Islam's Kalsekar Technical Campus, Navi Mumbai, 2015.
- [3] Oliveira, Ricardo R.. **Uso do microcontrolador esp8266 para automação residencial**. 2017. Projeto de Graduação – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- [4] Silva, Bruna R. S.. **Sistema de automação residencial de baixo custo para redes sem fio**. 2014. Projeto de Graduação – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- [5] iLinq, iLoc. **Empresa de Automação residencial**. 2017. Disponível em:<<http://www.iloc.com.br/solucoes/automacao/>>. Acesso em: 8 de Jun de 2017.
- [6] MyWay. **Empresa de Automação residencial**. 2017. Disponível em:<<http://sistemamyway.com.br/automacao-residencial/>>. Acesso em: 8 de Jun de 2017.
- [7] Santesso, Fernando. **Automação Residencial e Tecnologias Assistivas: a casa inteligente pode cuidar de você**. 2017. Disponível em:<<http://aureside.blogspot.com.br/2017/04/automacao-residencial-e-tecnologias.html>>. Acesso em: 8 de Jun de 2017.
- [8] Arduino. **IDE do Arduino**. 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 8 de Jun de 2017.
- [9] Amorim, Mardson F.; Junior, Alceu S.; Mello, Rafael G. S.; Araújo, Antonio A. R.. **Protocolo de comunicação para telemetria v2.0.1**. Curitiba, 2005. Disponível em:<https://www.dropbox.com/s/n3jmiwnrnjd0zhd/Protocolo_v_2_03.pdf?dl=0> . Acesso em: 24 de Nov de 2017.
- [10] Globo.com. **23,9% dos brasileiros declaram ter alguma deficiência, diz IBGE**. São Paulo: Globo, 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2012/04/239-dos-brasileiros-declaram-ter-alguma-deficiencia-diz-ibge.html>> . Acesso em: 21 de Nov 2017.
- [11] Camara, Romulo CP. **Barramento e Protocolo I2C**. Disponível em:<<http://www.univasf.edu.br/~romulo.camara/novo/wp-content/uploads/2013/11/Barramento-e-Protocolo-I2C.pdf>> Acesso em: 21 de Nov 2017.
- [12] FilipeFlop. **Gravação do ESP8266 via OTA com WiFi**. 2017. Disponível em:<<https://www.filipeflop.com/blog/programacao-esp8266-ota-wifi/>> . Acesso em: 21 de Nov de 2017.
- [13] Laboratório de Garagem. **Tutorial: Como ler vários botões através de uma única entrada analógica**. 2017. Disponível em: <<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-como-ler-varios-botoes-atraves-de-uma-unica-entrada-anal>>. Acesso em: 21 de Nov de 2017.

[14] Araújo, E. B. L.; Santos, L. M.; Ferreira, J. L. Dos S.; Amorim, M. F.. Smart Home Solutions. **Proposta de Participação na competição Intel de Sistemas Embarcados SBESC**. 2016. Disponível em: <<https://docs.google.com/document/d/1xy5HJaVgohu1dSJPTfY2o4zTZdk1Zy69qHuBFAMBPDM/edit?usp=sharing>>. Acesso em: 01 de Dez de 2017.

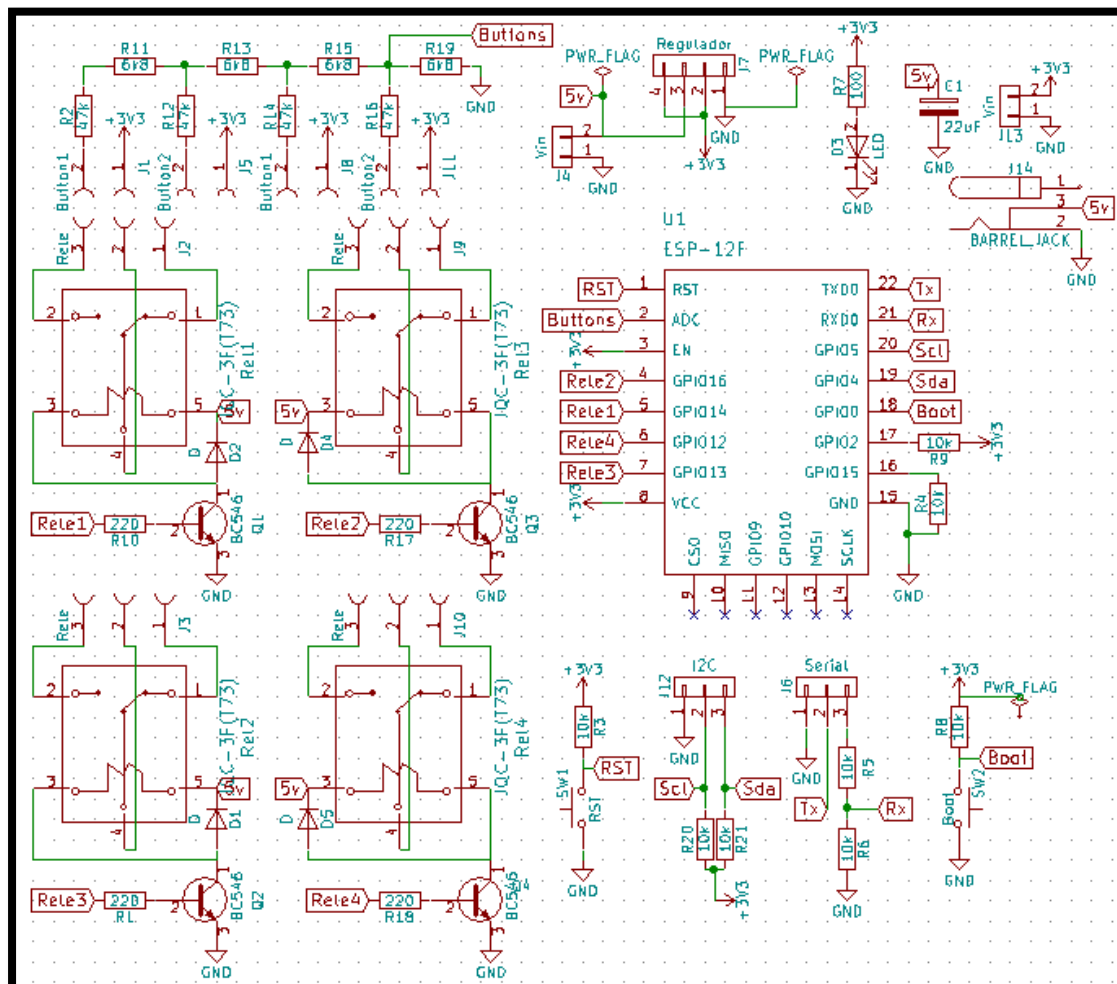
[15] Instituto Newton C. Braga. **Diferença entre a Luz Negra e a Ultravioleta (DUV065)**. 2017. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/duvidas-dos-internautas/1375-duv065.html>>. Acesso em: 01 de Dez de 2017.

[16] Expedição vida. **Como funciona a luz negra? Ela faz mal a saúde?**. 2017. Disponível em: <<http://expedicaovida.com.br/como-funciona-a-luz-negra-ela-faz-mal-a-saude/>>. Acesso em: 01 Dez de 2017.

[17] Apple. **Serviços de Impressão do Bonjour para Windows**. 2017. Disponível em: <https://support.apple.com/kb/DL999?viewlocale=pt_BR&locale=pt_BR>. Acesso em: 01 Dez de 2017.

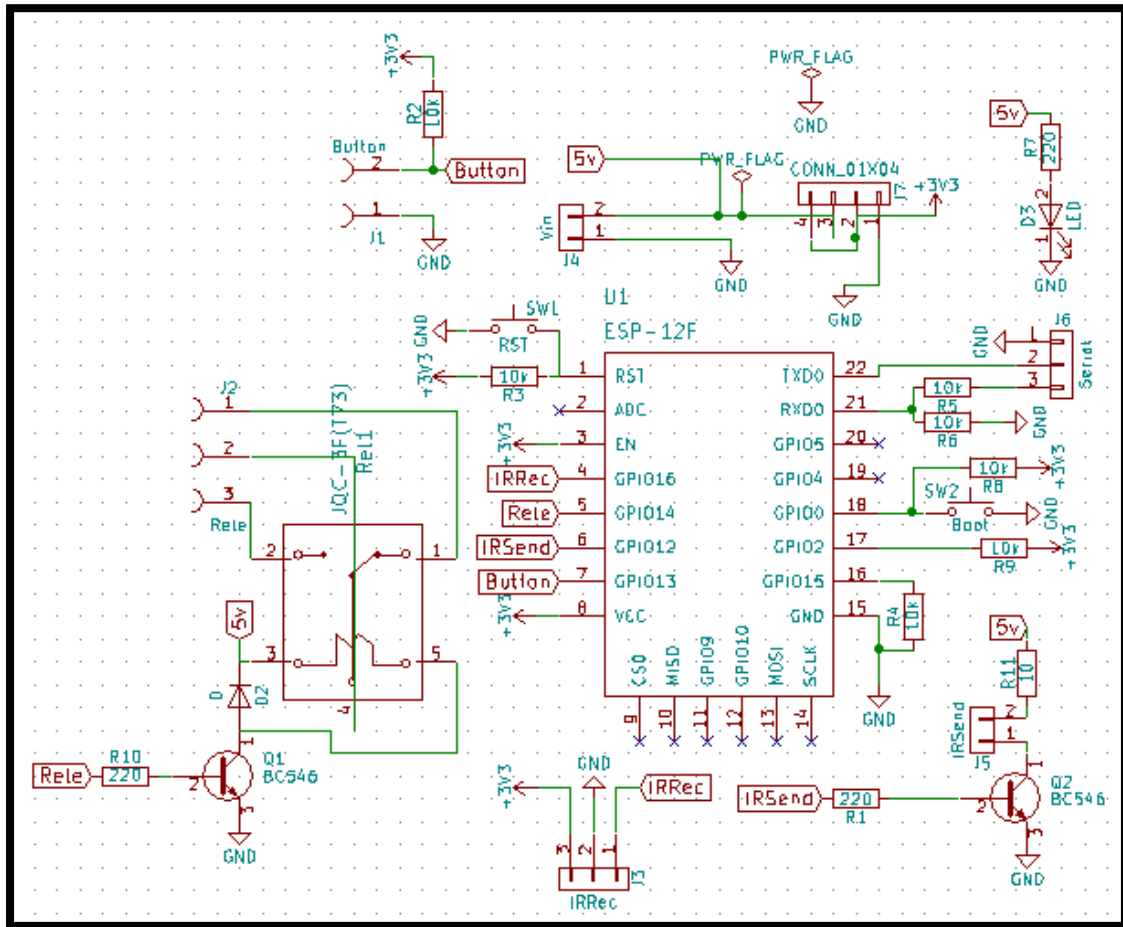
APÊNDICE A – ESQUEMÁTICO DAS PLACAS DESENVOLVIDAS

Esquemático da placa central.



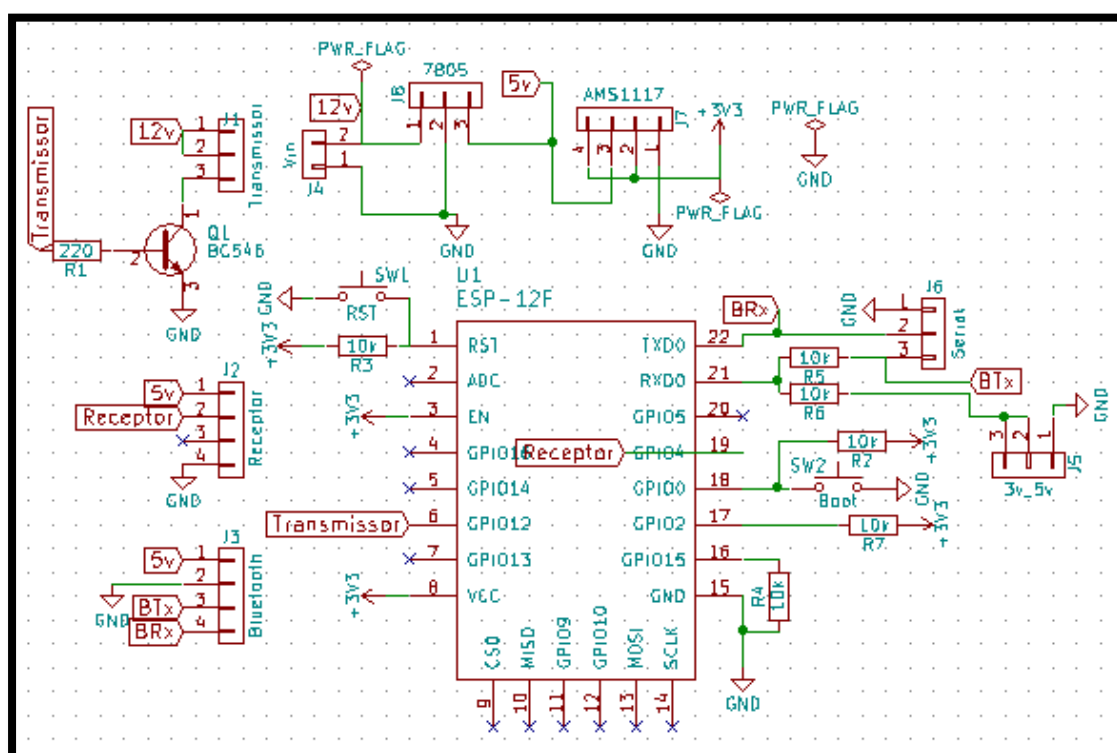
Fonte: Autoria própria.

Esquemático da placa de iluminação.



Fonte: Autoria própria.

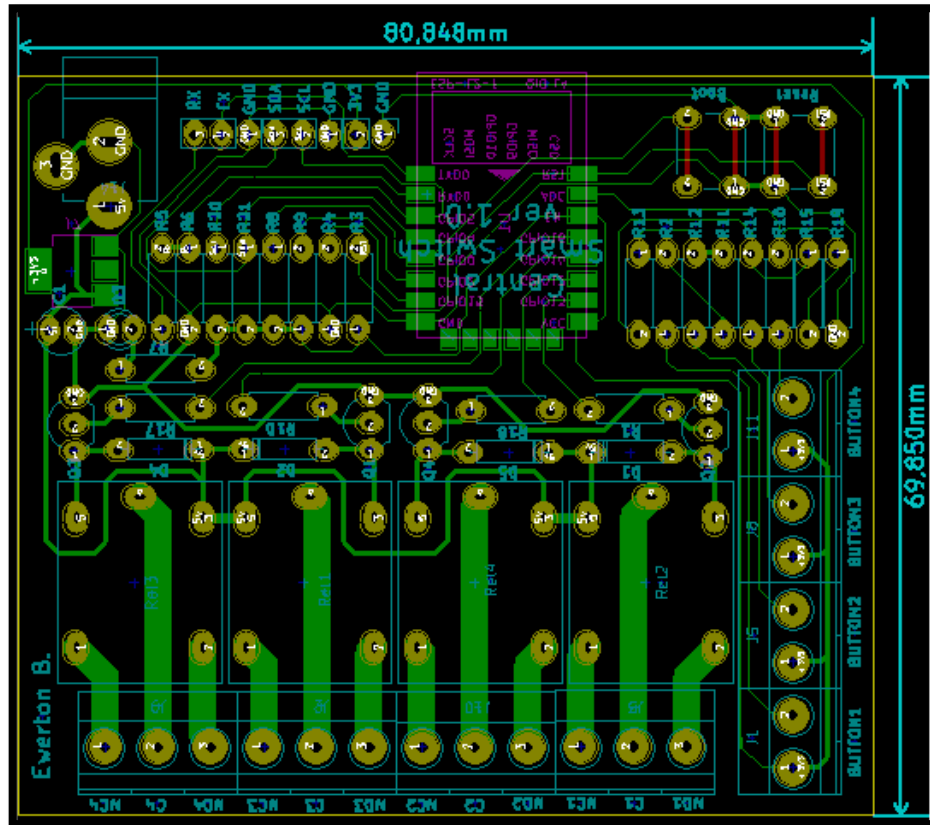
Esquemático da placa do portão eletrônico.



Fonte: Autoria própria.

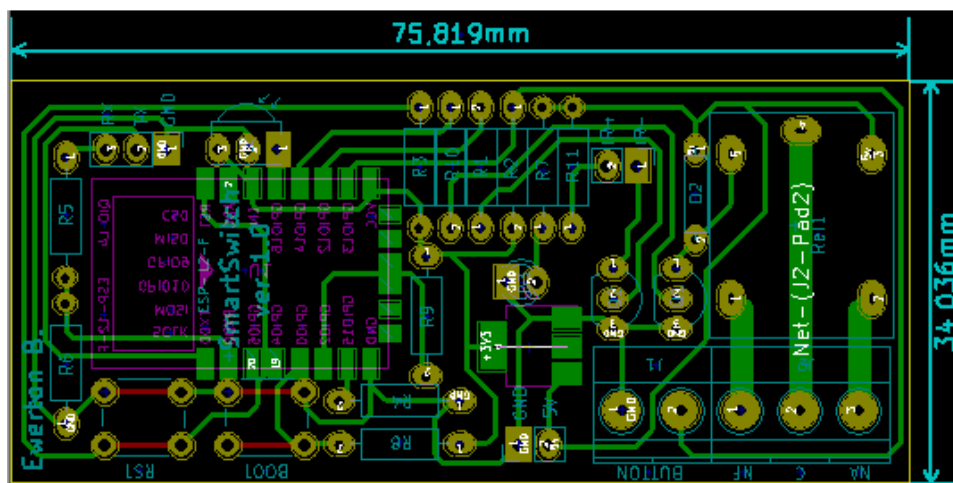
APÊNDICE B – ROTEAMENTO DAS PLACAS DESENVOLVIDAS

Roteamento da placa central.



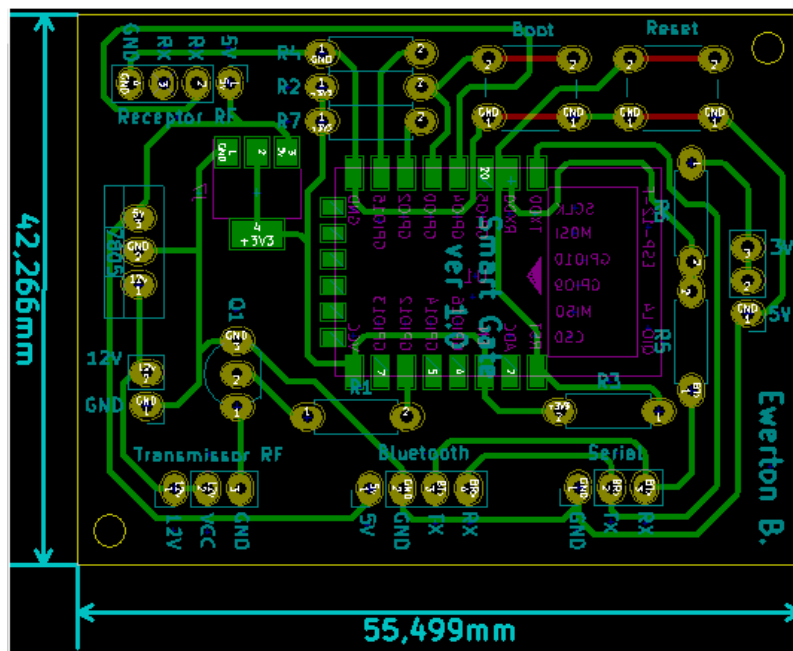
Fonte: Autoria própria.

Roteamento da placa de iluminação.



Fonte: Autoria própria.

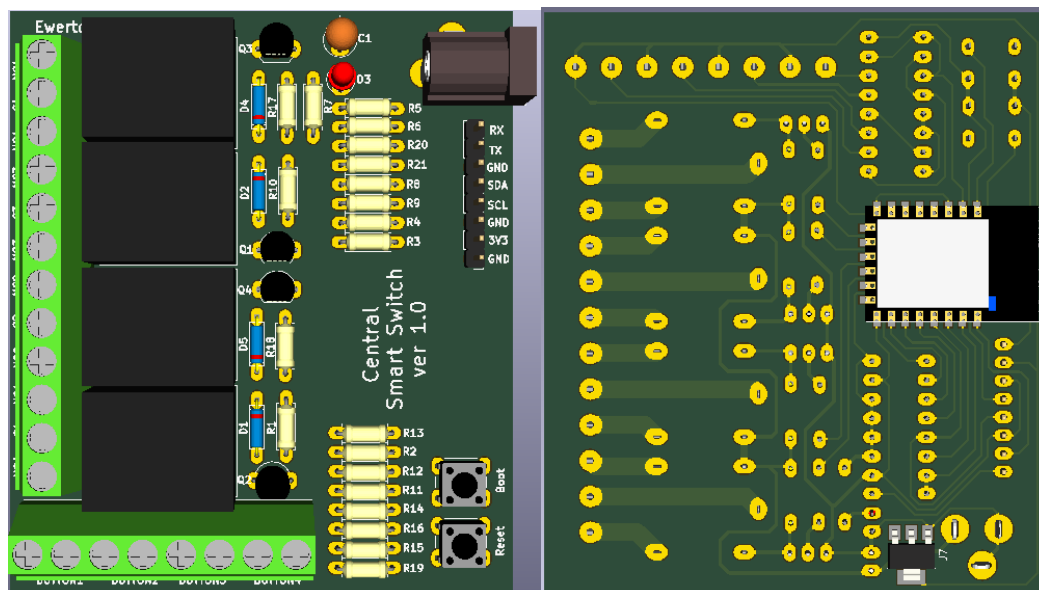
Roteamento da placa do portão eletrônico.



Fonte: Autoria própria.

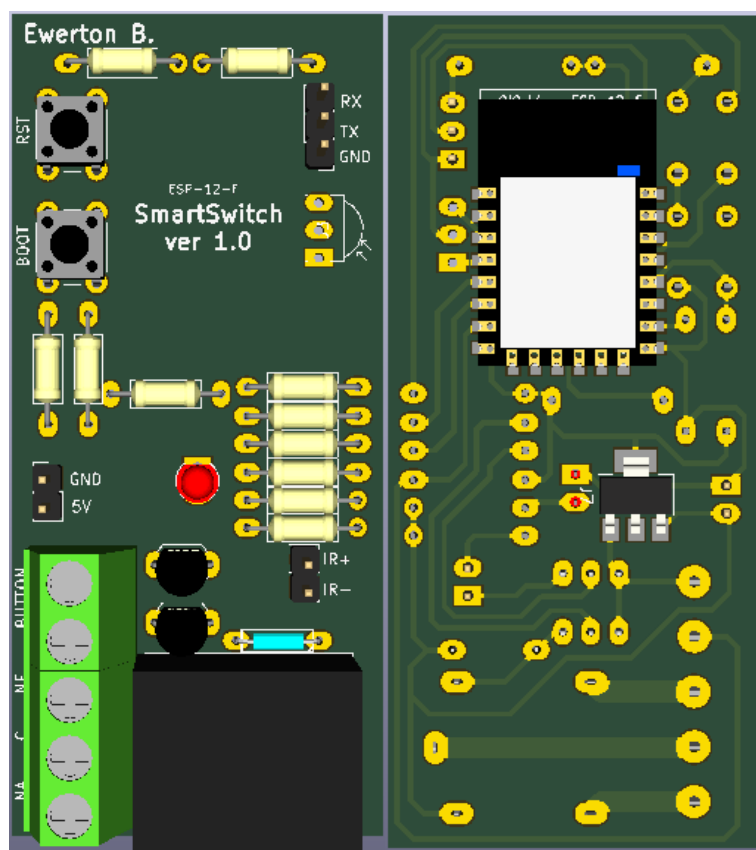
APÊNDICE C – MODELO 3D DAS PLACAS DESENVOLVIDAS

Placa central – frente e verso.



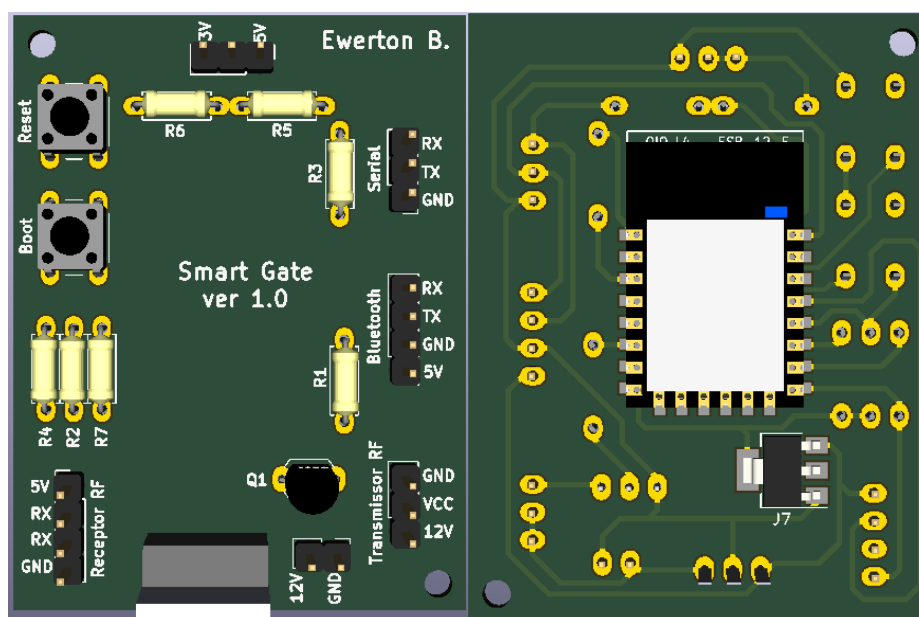
Fonte: Autoria própria.

Placa de iluminação – frente e verso.



Fonte: Autoria própria.

Placa do portão eletrônico – frente e verso.



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A – TABELAS DO PROTOCOLO L3

Tabela de Instruções do protocolo L3

Mnemônico	Código	Bytes de Dados \ Descrição						
ENQ	5	<table><tr><td>D</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Questiona se está operacional o dispositivo D. Se D = 0, refere-se ao periférico.</p>	D	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
D	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF			
ACK	6	<table><tr><td>INSTRUÇÃO</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Confirmação de instrução (valor INSTRUÇÃO) Recebida.</p>	INSTRUÇÃO	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
INSTRUÇÃO	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF			
NAK	21	<table><tr><td>ERR</td><td>CÓDIGO</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Ocorrência do erro (ERR) provocado pela mensagem indicada por CÓDIGO.</p>	ERR	CÓDIGO	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
ERR	CÓDIGO	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF			
E1B	51	<table><tr><td>ENDEREÇO</td><td>Byte</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Escreve um byte na memória no endereço especificado.</p>	ENDEREÇO	Byte	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
ENDEREÇO	Byte	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF			
E1W	52	<table><tr><td>ENDEREÇO</td><td>Byte</td><td>Byte</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Escreve uma word (dois bytes) no endereço especificado.</p>	ENDEREÇO	Byte	Byte	0xFF	0xFF	0xFF
ENDEREÇO	Byte	Byte	0xFF	0xFF	0xFF			
E2W	53	<table><tr><td>ENDEREÇO</td><td>Byte</td><td>Byte</td><td>Byte</td><td>Byte</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Escreve duas words (quatro bytes) no endereço especificado.</p>	ENDEREÇO	Byte	Byte	Byte	Byte	0xFF
ENDEREÇO	Byte	Byte	Byte	Byte	0xFF			
ENB	54	<table><tr><td>ENDEREÇO</td><td>N</td><td>Byte1</td><td>Byte2</td><td>Byte3</td><td>Byte4</td></tr></table> <p>Escreve N bytes na memória no endereço especificado. Em caso de N>4 necessário transmitir mais de um pacote. Verificar PAD.</p>	ENDEREÇO	N	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4
ENDEREÇO	N	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4			
LNB	55	<table><tr><td>ENDEREÇO</td><td>N</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td><td>0xFF</td></tr></table> <p>Solicita N bytes da memória a partir do endereço especificado.</p>	ENDEREÇO	N	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
ENDEREÇO	N	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF			
RLB	56	<table><tr><td>N</td><td>Byte1</td><td>Byte2</td><td>Byte3</td><td>Byte4</td><td>Byte5</td></tr></table> <p>Resposta à leitura de N bytes. Em caso de N>5 necessário transmitir mais de um pacote. Verificar PAD.</p>	N	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5
N	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5			
CPF	57	<table><tr><td>Byte1</td><td>Byte2</td><td>Byte3</td><td>Byte4</td><td>Byte4</td><td>Byte4</td></tr></table> <p>Continuidade de pacote fragmentado. Atualizar PAD.</p>	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte4	Byte4
Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte4	Byte4			

MNP	77	D	Nível	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	
		Muda o NÍVEL de “potência” do dispositivo D (requer comando “LDD - Desliga” prévio).						
LDD	79	D	L/D	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	
		Liga / Desliga o dispositivo indicado por D.						
RSP	80	C	SetPoint	SetPoint	0xFF	0xFF	0xFF	
		Responde o SetPoint (referência) do controlador C.						
ASP	81	C	SetPoint	SP	0xFF	0xFF	0xFF	
		Altera o SetPoint do controlador C.						
RIN	82	D	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	
		Reinicializa o dispositivo indicado por D. Se D = 0, RESET o periférico.						
SSP	83	C	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	
		Solicita o SETPOINT (referência) do controlador C.						
SMS	84	S	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	
		Solicita medida do sensor S.						
RMS	86	S	Medida	Medida	0xFF	0xFF	0xFF	
			Parte inteira	Parte Fracionária				
		Resposta à requisição de medida do sensor S.						
SCG	85	T	D0	D1	D2	D3	D4	
		Solicita cálculo genérico do tipo T, com os dados fornecidos (D0 a D4).						
RCG	87	R0	R1	R2	R3	R4	R5	
		Responde à solicitação de cálculo genérico, com os resultados (R0 a R5).						
TAH	101	DES	DEST	DEST	DEST	DEST	DEST	
		Esta instrução deve conter três pacotes. Efetua transferência Ad hoc do segundo e terceiro pacotes à sequência de periféricos indicados por IDD e mais até 5 dispositivos indicados por DEST 2 a DEST 6.						
AHM	102	Meu MASTER	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	

		Esta instrução deve conter três pacotes. Efetua transferência Ad hoc do segundo e terceiro pacotes ao MASTER do próximo destino.
--	--	--

Fonte: Protocolo de comunicação para Telemetria [9].

Tabela de códigos de erros do protocolo L3.

Mnemônico	Código	Descrição
CRC	1	Erro de CRC-8
IDC	2	Instrução desconhecida e/ou inexistente.
DNO	3	Dispositivo não operacional.
DIN	4	Dispositivo inexistente.
MDC	5	Mestre não reconhecido.
OVF	6	Overflow – Erro em operação de cálculo.

Fonte: Protocolo de comunicação para Telemetria [9].